

Årsringsbreddens klimatiskt betingade
variation hos tall och gran inom norra
Sverige åren 1900—1944

*Variation in the Widths of the Annual Rings in Pine and
Spruce due to Climatic Conditions in Northern Sweden
during the Years 1900—1944*

av

BO EKLUND

MEDDELANDEN FRÅN
STATENS SKOGSFORSKNINGSINSTITUT
BAND 44 • NR 8

INNEHÅLL

	Sid.
Inledning.....	5
Kap. I. Undersökningsmaterialets insamling.....	7
Kap. II. Undersökningsmaterialets bearbetning	10
Mätning av årsringsmaterialet.....	10
Uträkning av medelårsringsbredden.....	11
Åldersavtagandet.....	13
Olika tillvägagångssätt för eliminering av åldersavtagandet....	14
Åldersavtagandet och den nutida klimatfluktuationen.....	17
Kap. III. Grunddragen av undersökningsmaterialets matematisk-statistiska bearbetning.....	18
Regressionskoefficienten $e^{\beta j}$	21
Regressionskoefficienten $e^{\gamma k}$	24
Den relativa årsringsbredden jämte det årliga åldersavtagandet	29
Regressionskoefficienten $e^{\alpha i}$	33
Omföring av medelårsringsindex för femårsperioder till årsringsindex för kalenderår.....	35
Kap. IV. Årsringsindexserier för hela undersökningsmaterialet.....	37
Tall.....	37
Gran.....	43
Kap. V. Tallens årsringsvariationer kontra granens.....	48
Kap. VI. Kottillgång och årsringsindex.....	55
Kap. VII. Om olika växtår och kalenderår med olika klimatisk effekt på årsringsbildningen.....	64
Kap. VIII. Årsringsindexserier för olika geografiska områden och skilda ståndortskaraktärer.....	69
Årsringsindexserier för län.....	75
Tall.....	75
Gran.....	80
Årsringsindexserier för klimatområden.....	82
Tall.....	83
Gran.....	89
Årsringsindexserier för breddgradsgrupper.....	91
Tall.....	91
Gran.....	99
Tall och gran.....	100

	Sid
Årsringsindexserier för höjdområden.....	101
Tall.....	101
Gran.....	106
Årsringsindexserier för boniteter.....	108
Tall.....	108
Gran.....	113
Årsringsindexserier för slutenhetsgrader.....	114
Tall.....	115
Gran.....	118
Årsringsindexserier för skogsmarker av olika fuktighetsgrad...	120
Tall.....	122
Gran.....	124
Kap. IX. Den nutida klimatfluktuationen och skogsträdens årsringar..	126
Kap. X. Klimatkorrektionernas praktiska tillämpning i nuvarande läge och med tanke på framtiden.....	127
Tillvägagångssättet vid klimatkorrektioner med ledning av årsringsmaterial från orörd skog	129
Tillvägagångssättet vid klimatkorrektioner med ledning av årsringsindexserier för större områden	132
Årsringsindexserier för indikatorbestånd.....	132
Klimatfunktioner	134
Sammanfattning.....	135
Litteraturförteckning	138
Summary.....	140

Inledning

I CARL VON LINNÉs berättelse över sin öländska och gotländska resa finna vi för den 5 juni år 1741, då vår frejdade naturforskare befann sig på resa mellan Resmo och Mörbylånga på Öland, följande dagboksanteckningar i mycket typiska linnéanska vändningar (LINNÆ 1745):

»En Ekståck, som war mycket stor och förleden winter afhuggen, i Diameter 7 quarter innom barken; då wi räknade ringarna, funno wi at de vuxit 260 åhr, märckte ock at somliga ringar i trädet woro när in til hwarandra och andra mycket längre ifrå hwarandra: då jag undrade, hwad ordsaken här til mände wara, föll mig in at starka wintrar kunde förorsaka at ringarna kommo närmare in til hwarandra: ty räknade jag ifrån förleden winter, ringarna ifrån Barken in åt centrum til åhr 1708 à 1709, då starka wintern war, hwilka ringar jag fant wara tätt in til hwarandra; äfwen åhren 1587 och 1658. Detsamma märkte jag ock på en stor hop andra mindre Ekståckar. Altså hafwom wi uti Eken lik som en krönika på wintrarna, dem wi kunnom få oss bekante hela 200 ad 300 åhren tilbakars.»

Med sin karaktäristiska skarpa iakttagelseförmåga hade således LINNÉ klart för sig, att ett visst samband råder mellan variationerna i ekens årsringar och klimatet. Visserligen innebar hans uttalande ett felslut, nämligen att han ansåg vintrarna som utslagsgivande för ekens årsringsbildning. Han hade dock funnit ett värdefullt spår, som forskningen först i början av detta århundrade skulle taga upp. Genom en rad forskares insatser har belägg erhållits för, att klimatet på våra breddgrader förorsakar så starka årliga variationer i skogsträdens tillväxt, främst då radietillväxten, att man vid mera noggrannhetskrävande tillväxtkalkyler och -analyser måste söka återföra tillväxtbeloppen till en i möjligaste mån klimatiskt »gemensam nämnare». Alltsedan HESSELMANS undersökningar på det ifrågavarande området under 1900-talets första år (HESSELMAN 1903 och 1904), har den skogliga forskningen icke blott i Sverige utan även i de andra nordiska länderna vid olika tillfällen lämnat värdefulla bidrag till kännedomen om tillväxtens klimatiskt betingade variation hos tall och gran.

Författarens nu föreliggande avhandling är resultatet av ett forskningsarbete, som pågått vid statens skogsforskningsinstitut under en lång följd av år, tid efter annan avbrutet av andra arbetsuppgifter, vilka av olika anledningar måst givas företrädesrätt. Detta är den främsta orsaken till att undersökningen, som avser årsringsbreddens klimatiskt betingade variation hos tall och gran inom norra Sverige åren 1900—1944, först nu föreligger i slutgiltigt

skick. Härtill kommer emellertid att bearbetningen av det förhållandevis mycket omfattande observationsmaterial, som stått till mitt förfogande, har måst genomföras från olika utgångslägen, varför den ställt sig mycket tidskrävande.

I detta sammanhang är det för mig en kär plikt att framföra ett varmt och uppriktigt tack till alla dem, som på ett eller annat sätt medverkat till undersökningens genomförande. Mitt tack riktas därvid i främsta rummet till skogsforskningsinstitutets chef, professor MANFRED NÄSLUND, för att han tilldelat mig en synnerligen fängslande forskningsuppgift och möjliggjort för mig att fortsätta forskningarna på ett gebit, som redan tidigare fångat mitt intresse. Som framgår av kap. II är förf. professor HENRIK PETTERSON stort tack skyldig för ett synnerligen värdefullt uppslag beträffande årsringsbreddens s. k. åldersavtagande. Professor LARS TIRÉN har gjort mig uppmärksam på det i kap. VI behandlade sambandet mellan variationerna i kotttillgång och årsringsbredd, för vilket intressanta uppslag jag framför mitt varma tack. I min tacksamhet vill jag även inrymma vårt lands sändebud i Oslo, ambassadör HANS W:SON AHLMANN, som både i ett par intresseväckande diskussioner och i brevväxling delgivit mig några aktuella synpunkter på den nutida klimatfluktuationen och dess förmodade biologiska återverkningar. I stor tacksamhetsskuld anser jag mig stå till institutets kontor för matematisk statistik, särskilt då till försöksledaren vid detsamma, fil. lic. BERTIL MATÉRN, som lämnat en mycket värdefull medverkan vid den regressionsanalytiska bearbetningen enligt kap. III, och med vilken jag haft förmånen få ingående diskutera olika avsnitt av den övriga matematisk-statistiska bearbetningen. En stor del av denna har utförts av mitt personliga räknkontor under ledning av kontorsbiträdet KERSTIN MOLANDER f. ÅKERSTRÖM och under medverkan av kontorsbiträdena OLGA STJERNHOLM och ULLA HORRING samt aspirant ULLA LARSSON f. WESTER.

Mätningen av det omfattande materialet borrhärdar har under olika tider skett under ledning av skogsmästare KNUT SVENSON samt skogsbiträdena BROR KARLSSON och MALTE ARONSSON. Bland de många personer, som vid olika tidpunkter utfört det direkta mättningsarbetet, bör särskilt nämnas framlidna kontorsbiträdet MARGIT ANDERSSON f. PATERSON. Vid den preliminära sammanställningen och bearbetningen av årsringsmaterialet ha bl. a. kontorsbiträdena SVEA ZETTERGREN f. WIKSTEN och BARBRO LILJEBÄCK f. MÜLLERN liksom även kanslibiträdet GUN-BRITT LINDEBORG f. EK tagit verksam del. Till alla dessa medhjälpare riktar jag härmed mitt varma tack och betygar dem samtidigt min stora uppskattning för all värdefull medverkan. Jag vill även rikta ett tack till kanslibiträdet MAJ-LIS ANDERSSON, som renskrivit manuskriptet, samt kanslibiträdet KERSTIN LINDAHL, f. SVENSON och kontorsbiträdet INGRID WESTMAN f. JUTGÅRD, vilka ritat de många figurerna.

Kap. I. Undersökningsmaterialets insamling

Under ledning och planläggning av skogsforskningsinstitutets nuvarande chef, professor MANFRED NÄSLUND, och i enlighet med av honom utarbetade, ingående instruktioner, igångsatte skogsavdelningen år 1941 en ny och på bred bas upplagd produktionsundersökning. Denna har till huvudsaklig målsättning att lämna ett mera generellt och uttömmande svar på många av de ofta komplicerade frågor, som sammanhånga med gallringarnas inflytande på skogsbeståndens utveckling jämte virkesproduktionens storlek och värde, än vad som kunnat erhållas på grundval av det undersökningsmaterial, som tidigare stått till produktionsforskningens förfogande, nämligen institutets fasta försöksytor. Som en första etapp i den nya produktionsundersökningen, som följaktligen i främsta rummet har till uppgift att lämna det praktiska skogsbruket fastare riktlinjer för bedömning av gallringarnas ekonomi, koncentrerades undersökningarna till orörd skog, d. v. s. bestånd, där inga egentliga huggningsingrepp, eller i undantagsfall endast svaga rensningshuggningar ägt rum under beståndens livstid. Kännedomen om beståndsutvecklingen och virkesproduktionen i för huggning intakt skog, således bestånd där naturens krafter ohämmade påverkat konkurrensförhållandena mellan trädindividen, är i själva verket en nödvändig förutsättning, då det gäller att siffermässigt fastställa gallringarnas effekt på produktionsresultatet. Anledningen till att undersökningarna togo sin början i orörda bestånd och att uppskattning av provytor i sådana bestånd ej utfördes parallellt med i gallrade bestånd, dikterades i främsta rummet därav, att kristidens omfattande vedavverkningar ofta förlades till tidigare ej gallrade bestånd. Genom att koncentrera undersökningen till därför lämpade lokaler i de jämförelsevis omfattande arealer orörd skog, som i början av 1940-talet förekom inom praktiskt taget hela landet, kunde under åren 1941—49 ett unikt och praktiskt taget oersättligt forskningsmaterial, omfattande inalles 981 st. noggrant uppskattade och beskrivna provytor, insamlas. Förutom att man tillförsäkrade forskningen ett nödvändigt material av provyteuppskattningar i orörd skog, erhöll man därjämte redan på ett tidigt stadium av den stora produktionsundersökningen ett omfattande och värdefullt observationsmaterial för olika specialundersökningar, bland dem en undersökning över radietillväxtens klimatiskt betingade variation hos tall och gran. Anledningen till, att denna har måst baseras på årsringsmaterial från orörd skog, är främst den, att skogsträdens årsringar i gallrade bestånd regi-

strera effekten av huggningsingreppet. Visserligen göra sig de av klimatet förorsakade variationerna i årsringsbredd gällande med av allt att döma samma relativa styrkegrad som i orörd skog, men det är i många fall förenat med betydande svårigheter att effektivt separera de av klimatet förorsakade variationerna i årsringsbredd från dem, som förorsakas av huggningsreaktionen. Särskilt gäller detta, då upprepade huggningar ägt rum i beståndet. Då endast en eller ett par huggningar utförts vid jämförelsevis hög beståndsålder kan emellertid en sådan separation ofta genomföras åtminstone för de kalenderår, som ej följa omedelbart efter huggningsingreppet.

För tillvägagångssättet vid uppskattning och beskrivning av institutets provytor i orörd skog kommer i annat sammanhang att lämnas en ingående redogörelse, varför vi här endast skola uppehålla oss vid det avsnitt av uppskattningsförfarandet, som berör insamlingen av det årsringsmaterial, vilket lagts till grund för den nu föreliggande undersökningen.

De provytor, som utlades i orörd skog, voro avsedda för engångsuppskattning, varvid beståndets tillväxt bestämdes genom borring vid brösthöjd av ett antal representativt uttagna provträd. Härvid tillämpades följande tillvägagångssätt:

Sedan provytans gränser utmärkts, numrerades samtliga inom dessa fallande träd medelst provisoriska nummerlappar. Samtidigt med numreringen markerades läget av brösthöjd medelst ett kors med blåkrita på samma sida av stammen, på vilken nummerlappen placerades. Som regel fästes dessa på den östra sidan av trädstammarna, med undantag av då provytan var belägen i mera markerat sluttande terräng, varvid i stället numren placerades på den sida av stammarna, som vette upp mot sluttningen. Därefter vidtog diametermätningen, varvid för varje numrerat träd två mot varandra vinkelräta brösthöjdsdiameter uppmättes. Det första diametermåttet togs därvid med klavens linjal liggande an mot brösthöjdskorset. De båda diameterarna registrerades i mätningsprotokollet i hela millimeter med avrundning nedåt. I samband med diametermätningen underkastades träden en okulär granskning, för att man skulle konstatera eventuellt förekommande tekniska felaktigheter, skador eller sjukdomar. Vid förekomst av sådana gjordes anteckning härom i mätningsprotokollet i enlighet med ett detaljerat beteckningsschema.

Av de träd, som enligt diametermätningen hade en brösthöjdsdiameter av minst 3,0 cm och som konstaterats sakna vissa angivna skadebeteckningar, uttogos av det trädslag, som bedömdes intaga den största delen av brösthöjdsgrundytan på provytan, minst 30 provträd och av övriga trädslag minst 20 provträd per trädslag. Detta skedde i form av kvoträkning bland de i nummerföljd registrerade träden. På detta sätt erhöll man det erforderliga antalet s. k. representativa provträd (R-träd). För varje trädslag uttogos därjämte alltid de 5 grövsta träden som provträd (G-träd).

På de sålunda objektivt uttagna provträden verkställdes en serie mätningar och observationer som underlag för bestämning av provträdens volym, kvalitet m. m. För bestämning av tillväxten borrades vart annat av provträden vid brösthöjd, varvid 2 st. borrhål¹ uttogos på samma sida av trädet, nämligen dels ett s. k. huvudspån, dels ett s. k. reservspån. Vid borrningen varierades borrhålsriktningen från träd till träd medsols, så att det för borrning enligt mätningsprotokollet först uttagna provträdet borrades från norr, det andra från öster, det tredje från söder o. s. v. Som undersökningar utvisat (EKLUND, 1942, s. 275—282) utbildas nämligen årsringarna ej fullt likformigt i olika väderstreck. Genom att man varierar borrhålsriktningen från träd till träd elimineras emellertid eventuella inflytelser av väderstreck.

Enligt den föreliggande instruktionen skulle borrningen utföras så, att borren träffade mörken eller årsringarna närmast intill denna. Borrhålen skulle följaktligen innehålla hela mörken eller fragment av densamma eller också så mycket av de innersta årsringarna, att mörkens läge lätt kunde rekonstrueras. För träd med mindre än 45 årsringar vid brösthöjd skulle huvudspånet alltid innehålla mörk. Reservspånen behövde däremot ej vara mörkspån men måste å andra sidan ha uttagits i nära anslutning till stammens centrum. Omedelbart efter borrningen av ett träd och med borrhålen fortfarande kvarliggande i tillväxtborrens utdragare ritades medelst anilinpenna ett svagt streck i borrhålets längdriktning från barken in mot mörken. Detta arrangemang vidtoges för att man lättare skulle kunna orientera delarna, om borrhålen skulle brytas av eller spricka sönder före mätning av årsringarna. Om vid borrningen barken visade sig ha lossnat från den egentliga borrhålen, ritades med anilinpenna ett kors på den yttersta årsringens gräns mot barken, varvid givetvis först kontrollerades, att de yttersta årsringarna ej lossnat från de innanför liggande samtidigt med barken. Om så visade sig vara fallet, uttoges en ny borrhål i nära anslutning till borrhålsstället. Sedan tillväxtborren gånget loss från trädet, tilläpptes borrhålet med ympvax för att minska risken för svampinfektion genom detsamma.

Efter borrningen nedlades varje enskild borrhål i en för ändamålet särskild avsedd papphylsa, på vilken anteckningar gjordes beträffande provträdets och provträdets nummer, trädslaget, borrhöjden, provträdetsbeteckningen, väderstreck, i vilket borrningen utförts, samt datum för undersökningen.

Vid genomgång av borrhålsmaterialen visade det sig, att provtyper, särskilt i orörda, äldre bestånd, till följd av rikligt förekommande skador, tekniska

¹ Beteckningen »borrspån», är visserligen sedan länge tillbaka vedertagen inom skogsbruket, men leder ofta till missförstånd vid diskussioner med andra yrkesmän, främst då tekniker, vilka vanligen med borrhål avse det avfall, som uppkommer, då trä eller metall bearbetas medelst borrar, fräsar och liknande verktyg. På grund härav har förf. valt att i fortsättningen använda den mera adekvata benämningen »borrhål(-or)».

felaktigheter och sjukdomar på träden, ofta blevo representerade av alltför få borrade provträd, för att dessa skulle kunna läggas till grund för en analys av årsringsutvecklingen. Från och med år 1947 uttogos på grund härav vid uppskattning av provytor i orörd skog s. k. extra borrhingsprovträd. Detta skedde emellertid endast på provytor i av huggning helt opåverkade, likåldriga bestånd med en ålder överstigande 50 år. Uttaget begränsades härvid till att endast omfatta de provträd, som återstodo efter uttag av de ordinarie borrhingsprovträden och som ej åsatts vissa skadebeteckningar.

I detta sammanhang bör särskilt betonas vikten av att insamling av årsringsmaterial, avsett för mera ingående mätningar och analyser, sker på ett sådant sätt, att tekniskt fullgoda borrhärdar erhållas. Härigenom undgår man att dessa spricka sönder eller brytas av vid transport eller i samband med mätningssarbetet. Det förtjänar också påpekas, att tillväxtborren hela tiden under borrhningen bör hållas väl fixerad i ett och samma plan, så att den kan indrivas i riktning mot mårgen vinkelrätt mot stammens längdaxel med en jämn och stadig kringvridning av borrhhandtaget, enär annars borrhärnan lätt blir »vågig» inom de närmast barken liggande partierna.

Sedan all erforderlig borrhning av provträden på en provyta verkställt, insändes det i papphylsor förvarade borrhärnmaterialet till skogsforskningsinstitutet, där det arkiverades i avvaktan på mätning av årsringarna.

Kap. II. Undersökningsmaterialets bearbetning

Mätning av årsringsmaterialet

För varje enskild provyta upprättades vid fältarbetet en särskild beståndsbeskrivning, i vilken bl. a. beståndets tidigare behandling beskrevs med ledning av erhållna uppgifter och gjorda iakttagelser, såsom eventuellt utförd avverkning av överståndare eller torrskog, rensningshuggningar o. s. v. Om möjligt skulle därvid tidpunkten för huggningsingreppet anges. Innan mätningen av årsringsmaterialet tog sin början, genomgicks provytematerialet länsvis, varvid alla sådana provytor uteslötos från mätning, på vilka enligt anteckningarna i beståndsbeskrivningen rensningshuggning verkställt. Årsringsmaterialet kom därför genomgående att endast avse provytor i fullständigt orörd skog eller i orörda bestånd, där blott torrskog eller något enstaka rött träd avverkats under beståndets livstid. En avverkning av torra eller torkande träd utövar nämligen av allt att döma ett så obetydligt inflytande på årsringsutvecklingen hos de på provytan kvarstående träden, att sådana provytor mycket väl ansågos kunna medtagas vid den föreliggande undersökningen. De för huggning fullständigt intakta provytorna visade sig vara jämförelsevis sparsamt representerade i undersökningsmaterialet. Däremot var det överraskande, i vilken

utsträckning, särskilt då i äldre tallbestånd, torrskog tillvaratagits, oaktat provytorna i många fall voro belägna på avsevärt avstånd från bebyggelse.

Innan det egentliga mättningsarbetet tog sin början, nedlades de till varje provyta hörande borrhämnarna från brösthöjd (huvudspånen) i vattenbad. Till en början omfattade blötläggningstiden minst 15 minuter, men sedan man erhållit ökad kunskap om svällningsförändringarna vid blötläggning av lufttorra borrhämnar (EKLUND, 1951, s. 39—43), utsträcktes blötläggningstiden till att omfatta omkring en timme. Härigenom erhöles en praktiskt taget fullständig eliminering av de krympningsförändringar, som borrhämnarna alltsedan borrhämningsstillfället undergått till följd av krympning.

För mätning av årsringarna användes från det mättningsarbetet hösten 1941 tog sin början fram till år 1945 LANGLET-LINDBLADS årsringsmättningsinstrument (NÄSLUND, 1942, s. 20—22, EKLUND 1949, s. 8—9). Från sistnämnda tidpunkt fram till år 1948 begagnades vid mättningsarbetet den tidigare versionen av skogsforskningsinstitutets årsringsmättningsmaskiner (EKLUND, 1949, s. 11—13), vilka maskiner under loppet av år 1948 ersattes med tre årsringsmättningsmaskiner av den mera avancerade typ, för vilken förf. tidigare lämnat en utförlig redogörelse (EKLUND, 1949).

Mätningen utfördes i form av dels helårsmätning, dels höst- och vårvedmätning, varvid bredden av varje enskild årsring eller årsringselement mättes från året närmast före det kalenderår, under vilket tillväxtborrningen utförts, tillbaka till och med år 1900. Höst- och vårvedmätning skedde därvid på varannan av de vid brösthöjd uttagna borrhämnarna (huvudspånen). Mätningen skulle därvid alltid avse det vinkelrätta avståndet mot årsringsgränsens tangent fram till närmast innanför liggande årsringsgräns på borrhämnarna. I de fall, då årsringarna befunnos ligga snett i förhållande till borrhämnarnas längdriktning, verkställdes en enkel mekanisk korrektion av borrhämnarnas läge i förhållande till frammatningsriktningen under mikroskopets hårkors, så att det vinkelrätta avståndet mellan årsringsgränserna direkt kunde registreras (EKLUND, 1949, s. 21—22 och 53). Beträffande det rent tekniska tillvägagångssättet och detaljerna vid årsringsmätningen hänvisas till den utförliga beskrivning, som förf. lämnat i arbetet »Skogsforskningsinstitutets årsringsmättningsmaskiner. Deras tillkomst, konstruktion och användning» (EKLUND, 1949, spec. s. 48—55). I detta arbete redogöres även för den metodik, som utformats för gränsdragning mellan höst- och vårved inom en och samma årsring (EKLUND, 1949, s. 29—30 och 46).

Uträkning av medelårsringsbredden

Vid mätning av borrhämnarna från en provyta medelst det LANGLET-LINDBLADSKA årsringsmättningsmikroskopet eller den tidigare versionen av skogsforskningsinstitutets årsringsmättningsmaskiner registrerades de mätta års-

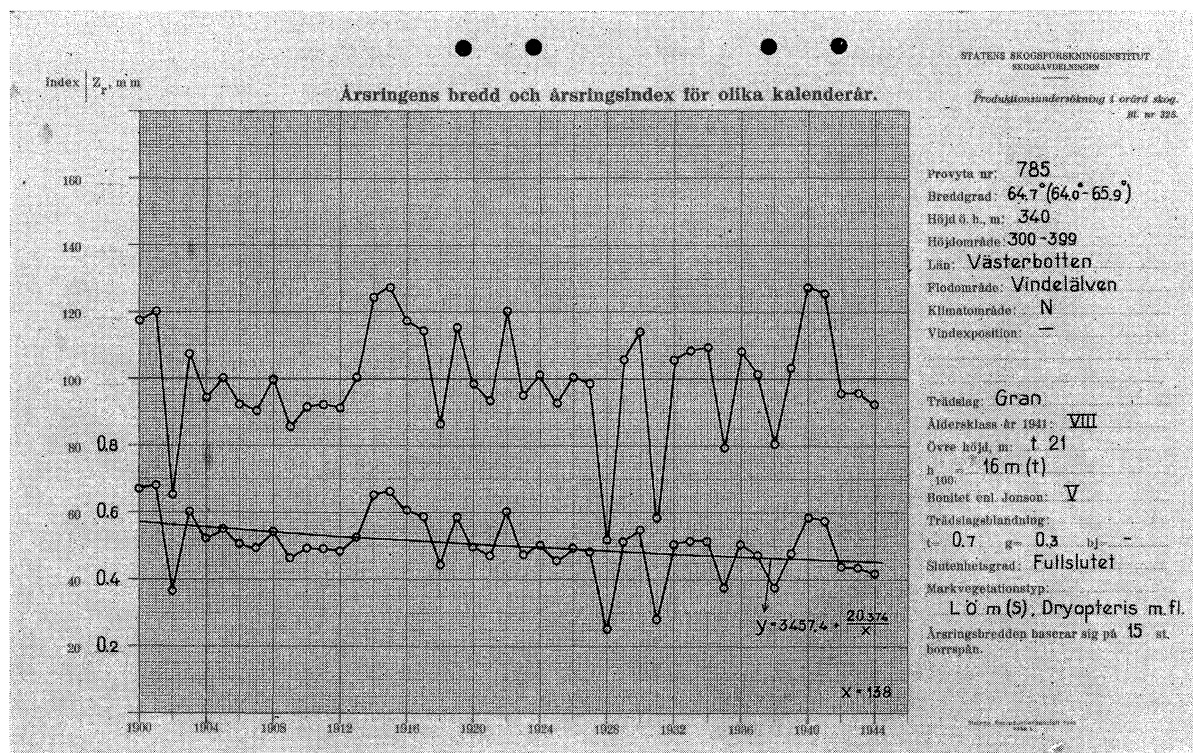


Fig. 1. Den vid bearbetningen av årsringsmaterialet från varje enskild provyta använda blanketten för registrering av årsringens genomsnittliga bredd (diagrammets undre del) och årsringsindex (diagrammets övre del) för olika kalenderår. Den heldragna kurvan illustrerar åldersavtagandet enligt den använda utjämningsfunktionen.

Chart used when studying the annual ring material from each separate sample plot for recording the annual rings' mean width (lower part of diagram) and the annual ring index (upper part of diagram) for different calendar years. The full-line curve illustrates the age decrease according to the adjustment function employed.

ringarna eller årsringselementen i löpande följd under varandra på en pappersremsa. Från denna överfördes sedan de mätta värdena »för hand» till en särskild sammandragsblankett, på så sätt att årsringarna från de olika provträde trädslagsvis för ett och samma kalenderår antecknades på samma horisontella linje. Genom att kalenderårsvis summera årsringsbredden för de olika provträden och dividera den därvid erhållna summan med dessas antal uträknades som en första etapp i bearbetningen medelårsringsbredden för vart och ett av de på provytan förekommande trädslagen, som voro representerade av minst 10 provträd.

Genom att den senare versionen av institutets årsringsmätningssmaskiner utrustades med s. k. C-vagn, d. v. s. en 326 mm bred, tabulerbar vagn, blev

det emellertid möjligt att redan i samband med mättningsarbetet registrera de mätta årsringarna parallellt på en särskild mättningsblankett, vilket i hög grad underlättade den efterföljande uträkningen av den för olika kalenderår föreliggande medelårsringsbredden (EKLUND, 1949, s. 48—51).

Medelårsringsbredden för olika kalenderår markerades därefter som punkter omgivna av rundlar i ett diagram tryckt i form av en särskild blankett (Bl. nr 325). Diagrammet var tryckt på millimeterrutat papper, varvid dess horisontella axel upptog kalenderåren för tiden 1900—1946 (varje kalenderår = 5 mm) och vertikala axel årsringsbredden i millimeter (0,1 mm = 10 mm, alternativt = 5 mm). Genom att medelst heldragna, räta linjestycken förena rundlarna för på varandra följande kalenderår erhöles en s. k. *årsringsserie*, som följaktligen illustrerar de tillväxtbörade provträdens årsringsutveckling från år 1900 fram till borrhingsåret (fig. 1). Med hänsyn till att provträden uttagits representativt, måste årsringsserien även anses återgeva årsringsutvecklingen för det bestånd, som provytan representerar.

Årsringsdiagrammets högra del var avsedd för anteckning av data över provytans belägenhet (breddgrad, höjd över havet, län, klimatområde m. m.) samt vissa beståndets karaktärer (trädslag, åldersklass, bonitet, trädslagsblandning, slutenhetsgrad, markvegetationstyp m. m.). Inom denna del av blanketten antecknades även det antal borrhämnor, som låg till grund för bestämning av medelårsringsbredden.

Åldersavtagandet

Allteftersom årsringsmätningarna fortskredo och årsringsdiagram kunde upprättas, granskades dessa, varvid provytor, för vilka årsringsserien antydde, att beståndet undergått en onormal årsringsutveckling, t. ex. som en följd av ej redovisade huggningsingrepp på provytan eller i det omgivande beståndet, uteslötos för fortsatt bearbetning i samband med den nu föreliggande undersökningen. Denna baserar sig följaktligen på årsringsmaterial från sådana provytor, som med avseende på tiden 1900—1941 à 1944 uppvisat en för orörd skog typisk årsringsutveckling. Härmed avses i främsta rummet att medelårsringsbredden under olika kalenderår varierar kring den nivå, som betingas av samspelet mellan ståndorts- och beståndsförhållandena. Av det senare faktorskomplexet är det främst beståndets ålder, som på ett påtagligt och karaktäristiskt sätt utövar inflytande på årsringsutvecklingen i orörda bestånd, i det att årsringsserien med stigande beståndsålder får en mer eller mindre starkt framträdande, sjunkande tendens. Denna årsringsbreddens s. k. åldersavtagande sker under de första decennierna av beståndets liv snabbt men retarderas sedan successivt med stigande beståndsålder, för att vid mycket hög ålder bliva helt obetydlig.

Årsringsbreddens åldersavtagande måste förutsättas vara endast till en del beroende av beståndets slutenhetsförhållanden, enär det gör sig gällande både i starkt överslutna och glesa bestånd liksom även för fullt fristående träd. I detta sammanhang ha vi emellertid ej anledning att ingå på några spekulationer över den kausala bakgrunden till det kända förhållandet, att våra skogsträd i av huggning ej påverkade bestånd med stigande ålder avsätta allt smalare årsringar. Åldersavtagandet utgör emellertid en starkt komplicerande faktor, då det gäller att studera årsringsbreddens klimatiskt betingade variation. Först genom att eliminera åldersavtagandet kan man nämligen återföra årsringsvariationerna till en gemensam nivå, varigenom de bliva numeriskt jämförbara inom olika avsnitt av tidsskalan.

Olika tillvägagångssätt för eliminering av åldersavtagandet

För att eliminera årsringsbreddens med stigande trädålder avtagande tendens och återgiva klimatvariationerna, sådana de registreras av årsringarna, i från åldersinflytandet mer renodlad form, ha under de senaste decennierna en mångfald olika tillvägagångssätt kommit till användning. En mycket god orienterande redogörelse för de viktigare av dessa har lämnats av ORDING, 1941, till vilkens arbete »Årsringsanalyser på gran og furu» (spec. s. 137—150) därför hänvisas. Sedan detta i sitt slag utmärkta och översiktliga arbete publicerades, har emellertid problemet om årsringsbreddens åldersavtagande angripits ur nya aspekter, främst då av NÄSLUND, som i arbetet »Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning» (NÄSLUND, 1942) anvisat följande tillvägagångssätt att på regressionsanalytisk väg eliminera åldersavtagandet.

För var och en av de undersökta provytorna i orörd granskog mättes årsringsbredden för ett antal vid brösthöjd borrade provträd, varefter dessas medelårsringsbredd uträknades för vart och ett av de undersökta kalenderåren. De sålunda uträknade medelårsringsbredderna utjämnades enligt minsta-kvadrat-metoden, varvid som utjämningsfunktion användes »en hyperbel av den enkla formen:

$$y = a + \frac{b}{x}, \dots\dots\dots (1)$$

där y betecknar årsringens bredd uttryckt i 0,01 mm, x dess ordningsnummer räknat från 2 cm utanför mörgen och mot barken samt angivet med talen 1, 2, 3 o. s. v. Genom avdrag av 2 cm har avsetts att erhålla en schematisk hushållsålder» »Vid utjämnningen är y sålunda medelårsringsbredden för ett visst kalenderår och x provytans genomsnittliga hushållsålder vid detta års slut. a och b beteckna vissa konstanter, som bestämmas genom numerisk utjämnning av observationsmaterialet enligt minsta-kvadrat-metoden.»

Om årsringsbreddens avtagande endast vore en följd av den stigande åldern, skulle — som NÄSLUND (1941, s. 42) framhållit — »ålderseffekten elimineras genom att uttrycka den observerade årsringsbredden (y) i procent av det utjämnade värdet (y'). Detta tal $\left(\frac{y \cdot 100}{y'}\right)$ benämna vi i det följande årsringsindex. Härigenom har också erhållits ett uttryck, som är oberoende av årsringsbreddens absoluta storlek»

Enligt NÄSLUND bygger det skisserade tillvägagångssättet på det antagandet, att årsringsbreddens avtagande endast beror på stigande ålder hos beståndet, och att en eventuell långperiodisk klimatsvängning elimineras tillsammans med åldersinflytandet vid utjämnning av årsringsbredden och indexbildningen, vilket han betecknar som en brist. Enligt NÄSLUND bör därför årsringsindex betraktas »som ett approximativt uttryck för kalenderårets egenskap av gott eller dåligt växtår med avseende på diametertillväxten, varvid således index 100 betyder ett normalår, samt exempelvis index 120 att årsringen är 20 procent större än normalt, och index 80 att årsringen är 20 procent mindre än normalt o. s. v.» (NÄSLUND, 1942, s. 29—30).

Genom indelning av provytematerialet i grupper med avseende på olika ståndortsfaktorer och jämförelse mellan därvid erhållna årsringsindex fann NÄSLUND »en överensstämmelse i stora drag mellan olika ståndorter beträffande kalenderårens egenskap av goda och dåliga växtår», varvid han dock påpekar, »att undersökningens begränsning till den gamla granskogen samtidigt även utgör en viss begränsning av ståndorten, varför denna erfarenhet ej utan vidare kan generaliseras». Då NÄSLUND främst avsåg att karaktärisera »relationen mellan klimatets betydelse för diametertillväxten under 10-årsperioden före huggningen och 15-årsperioden efter densamma», ansåg han »med stöd av resultaten från materialets fördelning på olika ståndortskaraktärer motiverat att sammanslå samtliga orörda ytor till en medelserie för årsringsindex. Härigenom nedbringas i hög grad den av tillfälliga orsaker betingade variationen i årsringsindex» (NÄSLUND, 1942, s. 33—34).

I arbetet »Ett försök att numeriskt fastställa klimatets inflytande på tallens och granens radietillväxt vid de båda finska riksskogstaxeringarna» har förf. använt sig av NÄSLUNDS tillvägagångssätt för eliminering av åldersavtagandet. Enär uppgifter ej funnos tillgängliga beträffande årsringsmaterialets åldersförhållanden, kunde den av NÄSLUND föreslagna funktionen (1) för utjämnning av åldersavtagandet ej användas med mindre vissa antaganden måst göras angående de olika årsringsseriernas ålder. På grund härav baserades utjämnningen i stället på en hyperbelfunktion av formen:

$$\frac{1}{y} = a + b(x - k) \dots\dots\dots (2)$$

I funktionen betecknar y medelårsringsbredden i mm för ett givet kalenderår x och konstanten k kalenderåret omedelbart före undersökningsperiodens början, medan konstanterna a och b erhöles som resultat vid den numeriska utjämnningen. Med utgångspunkt från den för olika kalenderår observerade och utjämnade årsringsbredden bestämdes därefter årsringsindex på analogt sätt som ovan beskrivits. Självfallet leder även i detta fall utjämnningen av åldersavtagandet i förening med indexbildningen till en eliminering jämväl av en eventuell långperiodisk klimatsvängning. Vid utjämnning av åldersavtagandet för årsringsserier, vilkas åldersförhållanden ej äro kända, medför emellertid funktion 2 den obestriddiga fördelen att konstanterna a och b antaga samma numeriska värden, oavsett vilket heltalvärde den oberoende variabeln x åsättes, varvid dock förutsättes att konstanten k med en enhet skall understiga det i årsringsserien representerade lägsta x -värdet.

RUDEN (1945) har föreslagit, att man för eliminering av åldersavtagandet bör använda en exponentialfunktion av typen:

$$y = a : 1,0^{p^x} \dots\dots\dots (3)$$

I funktion 3 betecknar y årsringsbredden i mm, x antalet kalenderår från ett begynnelsevärde »utenom optimum», t. ex. 2 cm från mårgen, medan konstanterna a och p erhållas genom numerisk utjämnning av observationsmaterialet enligt minsta-kvadrat-metoden. Enligt den ifrågavarande funktionen skulle åldersavtagandet procentuellt sett vara detsamma år från år. RUDEN anser att den av honom föreslagna utjämningsfunktionen kan »give så gode resultater som for eksempel EKLUNDS funksjon» (RUDEN, 1945, s. 205). Han framhåller emellertid i anslutning till de tre ovan berörda funktionerna, att »Hvilke av disse funksjonstyper som teoretisk mest riktig beskriver normal aldersutvikling for forskjellige treslag og forskjellige skogtyper, finnes der neppe hittil materiale til å avgjøre» (RUDEN, 1945, s. 205).

Det bör observeras att en principiell skillnad råder mellan de utjämnningar, som erhållas enligt funktionerna 1—3 här ovan, enär man vid användning av funktion 1 utjämnar medelårsringsbredden för de olika kalenderåren, medan man vid användning av formel 2 utjämnar de reciproka och av formel 3 logaritmerna av de ifrågavarande årsringsbredderna.

Av finska årsringsforskare har HUSTICH (1945) i samband med sina omfattande undersökningar över tallens radietillväxt vid skogsgränsen i nordligaste Finland använt sig av en linjär utjämnning av årsringsbreddens åldersavtagande, medan MIKOLA (1950), vilken som underlag för skogliga tillväxtstudier undersökt årsringsvariationerna i orörda bestånd av tall och gran liksom även lärk inom olika delar av Finland, eliminerat åldersavtagandet enligt samma förfaringssätt, som förf. tidigare tillämpat vid bearbetningen av årsringsmaterial från den andra finska riksskogstaxeringen (EKLUND, 1944).

Åldersavtagandet och den nutida klimatfluktuationen

Då en årsringsserie numeriskt utjämnas enligt en viss funktionstyp, som därvid schematiskt får återgiva årsringsbreddens åldersavtagande, och årsringsvariationerna sedan transformeras till årsringsindex, elimineras enligt det föregående eventuella inflytelser av en långperiodisk klimatsvängning. De senaste decenniernas landvinningar på klimatologiens, meteorologiens, glaciärologiens m. fl. forskningsområden ha samstämmigt utvisat, att det allmänna klimatläget över stora delar av jordytan alltsedan tiden omkring sekelskiftet undergått påvisbara förändringar, varvid för de nordiska ländernas vidkommande klimatet successivt skulle fått en något mera maritim prägel. I sin klarläggande översikt »Den nutida klimatfluktuationen» refererar AHLMANN (1941) de båda normmännen HESSELBERG och BIRKELANDS arbete »Säkulare Schwankungen des Klimas von Norwegen», i vilket klimatförändringen inom vårt västra grannland framstår i siffermässig belysning. AHLMANN understryker därvid, att de båda författarnas skarpsinniga analys bl. a. lett fram till den slutsatsen, att J. v. HANNS' definition av klimatet i dennes klassiska verk »Handbuch der Klimatologie» från år 1908 måste ändras med hänsyn till den sekulära klimatfluktuationen. I v. HANNS' definition ingår nämligen ej tidsfaktorn, utan han ansåg »att klimatet med undantag för fååriga variationer var konstant, och att de karaktäristiska medeltalen för dess element blevo allt säkrare ju fler årsserier, som stodo till buds för deras beräkning. Den pågående klimatfluktuationen som en sekulär variation har kommit klimatologiens »normalvärden» att förlora sin betydelse» (AHLMANN, 1941).

Vi ha emellertid här knappast anledning att närmare uppehålla oss vid de forskningsresultat, genom vilka den nutida klimatfluktuationen måste anses som definitivt fastslagen, utan hänvisa till de båda ovannämnda arbetena av AHLMANN (1941) samt av HESSELBERG och BIRKELAND (1940) liksom även till arbeten av WALLÉN (1916 och 1930), WAGNER (1929 och 1940), ÅNGSTRÖM (1938 och 1939) samt KERÄNEN (1931).

Emellertid synes den nutida klimatfluktuationen medföra vissa återverkningar på skogsträdens föryngrings- och utbredningsförhållanden inom Skandinavien. Enligt vad ambassadör AHLMANN meddelat förf., framstå enligt norska iakttagelser föryngringsförhållandena inom hela det norska Nordlandet numera som avgjort gynnsammare än för endast ett par decennier sedan. Medan inom Finnmarks fylke under perioden 1875—1915 endast inträffade tvenne fröår, har efter sistnämnda år fröår inträffat »med få års mellanrum». Inom södra Norge ha såväl tall och gran som björk under de senaste årtiondena börjat sprida sig utöver den förutvarande skogsgränsen. Enligt svenska och finska (HUSTICH, 1948) iakttagelser skulle inom nordligaste Fennoskandia skogsgränsen befinna sig på tydlig framryckning såväl mot norr som mot högre höjd över havet.

Det ligger nära till hands att antaga, att den nutida klimatfluktuationen, som i mer eller mindre påtaglig grad registrerats av en rad naturföreteelser såsom glaciärernas allt snabbare tillbakagång, skogsgränsens förskjutning mot allt högre och nordligare belägna nivåer o. s. v., även medfört vissa återverkningar på skogsträdens årsringsbildning. Såväl NÄSLUND (1942) som HUSTICH (1948 och 1949) ha för övrigt varit inne på denna tankegång.

Om vi utgå från det schematiska antagandet, att den nutida klimatfluktuationen utövat ett sådant inflytande på tallens eller granens årsringsbildning, att årsringsbredden med stigande beståndsålder erhåller ett konstant årligt tillskott, är det klart, att denna effekt tager sig uttryck i ett något långsammare åldersavtagande, som följaktligen maskerar det långperiodiska klimatinflytandet.

På inrådan av professor HENRIK PETTERSON har ett försök gjorts att separera årsringsbreddens åldersavtagande från eventuella av klimatet betingade fluktuationer genom en samtidig sortering av observationsmaterialet efter ålder och observationsår. Vid den närmare utformningen av metodiken har förf. samarbetat med fil. lic. BERTIL MATÉRN. Den i följande kapitel beskrivna bearbetningen har utförts vid skogsforskningsinstitutets kontor för matematisk statistik. Beskrivningen bygger därvid på en av lic. MATÉRN upprättad redogörelse.

Kap. III. Grundragen av undersökningsmaterialets matematisk-statistiska bearbetning

Allt efter det kalenderår, under vilket de undersökta träden enligt den samtidigt med årsringsmätningen utförda åldersbestämningen konstaterades ha uppnått brösthöjd, sorterades — givetvis med uppdelning på tall och gran — träden i grupper om fem år. Dessa grupper benämnas i det följande *årtalsgrupper*. I den äldsta av dessa grupper, betecknad 1750 — sammanfördes därvid samtliga de träd, som enligt årsringsräkningen visade sig ha uppnått brösthöjd under femårsperioden 1750—54. För var och en av de 48 årtalsgrupperna uträknades medelårsringsbredden för grupper om fem kalenderår, varvid början gjordes med gruppen 1900—, som följaktligen avsåg tiden 1900—04. Enär mätning av årsringarna för varje enskilt kalenderår alltid skett tillbaka till och med år 1900 och de observerade årsringarna därför representera tiden från år 1900 fram till bornningsåret, kallas — för undvikande av förväxling med övriga grupper — de ifrågavarande för *observationsårsgrupper*.

För att beskriva tillvägagångssättet vid undersökningsmaterialets matematisk-statistiska bearbetning införas följande beteckningar:

De olika observationsårsgrupperna — inalles 9 st. — åsättas beteckningen

i. Då av bearbetningstekniska orsaker år 1700 fått utgöra basår med gruppnumret $i = 0$, kommer observationsårsgruppen 1900—04 att definieras av i -värdet 40, gruppen 1905—09 av $i = 41$ o. s. v.¹ De olika årtalsgrupperna betecknas med bokstaven j . Med utgångspunkt från det nyssnämnda basåret får därför årtalsgruppen 1750—54 ett j -värde lika med 10, medan den därpå följande gruppen d. v. s., träd tillhörande gruppen 1755—59, definieras av $j = 11$ o. s. v.² Med *gruppsumma för ålder* (k) avses i det följande skillnaden mellan observationsårs- och årtalsgruppens nummer, således $k = i - j$. För att omföra ett k -värde till *verklig ålder vid brösthöjd*, skall detsamma multipliceras med siffran 5.

För att i form av en funktion återge den samlade effekt, som årtals-, observationsårs- och åldersgrupperna utöva på årsringsbredden, har ett multiplikativt samband av följande typ kommit till användning:

$$y_{ij} = K \times (1 + a_i) \times (1 + b_j) \times (1 + c_k) \times (1 + e_{ij}) \dots \dots (4)$$

I funktionen betecknar y_{ij} medelårsringsbredden uttryckt i 0,001 millimeter, för träd tillhörande observationsårsgruppen i och årtalsgruppen j . K är en konstant, som härledes på nedan angivet sätt. De oberoende variablerna a_i , b_j och c_k förutsättas återspegla det inflytande, som observationsårs-, årtals- och åldersgruppen i nämnd ordning utöva på den beroende variabeln, d. v. s. medelårsringsbredden. Variabeln e_{ij} slutligen antages slumpmässigt variera kring värdet 0.

För att funktion 4 skall kunna numeriskt utjämnas enligt minsta-kvadratmetoden måste det multiplikativa sambandet mellan de olika variablerna genom logaritmering transformeras till ett additivt. Vid hålkortsbearbetningen har det visat sig fördelaktigt att använda naturliga logaritmer i stället för tiologaritmer. Om sålunda z_{ij} får beteckna variabeln $\log \text{ nat } y_{ij}$, kan funktionen skrivas under formen:

$$z_{ij} = \bar{z} + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \varepsilon_{ij} \dots \dots \dots (5)$$

I funktion 5 betecknar \bar{z} det aritmetiska medeltalet av samtliga de i utjämnningen ingående z_{ij} -värdena, som för tall uppgå till 270 och för gran till 296 st. Bestämning av de i i funktionen ingående koefficienterna har skett genom minimering av uttrycket $\sum_{i,j} [z_{ij} - \bar{z} - \alpha_i - \beta_j - \gamma_k]^2$. Till följd av det förhållandevis mycket stora antalet regressionskoefficienter — inalles 78 st. för

¹ Observationsårsgruppens nummer (i) kan följaktligen beräknas enligt uttrycket $i = \frac{K_d - 1700}{5}$, där K_d betecknar det lägsta kalenderåret i den aktuella observationsårsgruppen.

² Årtalsgruppens nummer (j) framgår av uttrycket $j = \frac{K_d - 1700}{5}$, där K_d betecknar det lägsta kalenderåret i den aktuella årtalsgruppen.

tall och 82 st. för gran — har lösningen av de för bestämning av dessa koefficienter erforderliga normalekvationerna måst ske i form av successiva approximationer. Härvid ha uträkningarna avbrutits efter 4 à 5 iterationer, varför koefficienterna måste betecknas som endast approximativt bestämda.

För att de i funktion 5 ingående koefficienterna skola kunna numeriskt utjämnas erfordras emellertid, att ytterligare ett villkor skall uppfyllas. De beräknade z_{ij} -värdena bliva nämligen oförändrade, om man samtidigt ersätter α_i med $\alpha_i - Ci$, β_j med $\beta_j + Cj$ och γ_r med $\gamma_r + Ck = \gamma_r + C(i - j)$. Här har därför förutsatts att β_j -värdena ej uppvisa någon linjär ökning eller minskning, det vill säga att β_j är okorrelerat med j . Detta är en ur praktisk synpunkt inskränkande förutsättning. Den innebär nämligen, att det ej inträder någon långsamt verkande förskjutning i fråga om beståndens tillväxtbetingelser, när man successivt går från de tidigare till de senare årtalsgrupperna utöver den, som sammanhänger med beståndens ålder och klimatvariationerna under den undersökta perioden.

Sedan koefficienterna α , β och γ i funktion 5 på skisserat sätt härletts, erhållas de i funktion 4 ingående faktorerna $(1 + a)$, $(1 + b)$ och $(1 + c)$ som motsvarande antilogaritmer. Konstanten K i denna senare funktion uträknas slutligen med ledning av följande uttryck, i vilket s betecknar dispersionen av värdena z_{ij} kring regressionsuttrycket (5):

$$K = e^{\bar{z} + s^2/2} \dots \dots \dots (6)$$

Då K sättes lika med $e^{\bar{z}}$ blir nämligen genomsnittet av de enligt funktion 4 beräknade y -värdena lika med det *geometriska medeltalet* av de observerade medelårsringsbredderna. Genom att termen $s^2/2$ adderas till \bar{z} -värdet i exponenten, bringas emellertid det beräknade genomsnittsvärdet i approximativ överensstämmelse med observationernas aritmetiska medeltal (CRAMÉR, 1945, s. 258, exempel 17).

Vid studium av de diagram, som för olika årtalsgrupper av tall (fig. 6, s. 28) och gran (fig. 7, s. 29) illustrera sambandet mellan trädens ålder vid brösthöjd och medelårsringsbredd, visade det sig, att årsringsbredden för de årtalsgrupper av det förra trädslaget, vilka uppnått brösthöjd efter år 1900, karaktäriseras av en markerat starkare avtagande tendens med stigande brösthöjdsålder än de äldre årtalsgrupperna. Till följd av att de förra grupperna markerat bryta sig ut ur den lagbundenhet, som så påtagligt präglar övriga delar av observationsmaterialet, ha de fyra årtalsgrupperna för tiden 1900—19 (grupperna nr 40—43) vid bearbetningen måst uteslutas. För tall avser denna följaktligen den del av observationsmaterialet, som uppnått brösthöjd under tiden 1750—1899. Det är detta förhållande, som är anledning till att den numeriska utjämnningen för tall endast omfattar 270 gruppobservationer mot 296 st. för gran.

De i samband med bearbetningen bestämda z -värdena ha ett aritmetiskt medeltal av för tall 6,317 och för gran 6,287 samt en dispersion kring detta medeltal av 0,300 och 0,175. Spridningen kring regressionsfunktionen har bestämts till 0,072 för tall och 0,051 för gran, varför respektive funktioner måste anses ha en förhållandevis mycket god utjämnande effekt, vilket intryck för övrigt förstärkes av den multipla korrelationskoefficienten, som har det höga värdet av för tall 0,979 och för gran 0,968.

Om man utgår från det antagandet, att observationsmaterialet med avseende på z_{ij} -värdena uppvisar en fördelning kring regressionsfunktionen, som approximativt ansluter sig till normalfördelningen, erhålles som slutprodukt av utjämningsförfarandet följande båda funktioner:

$$\text{För tall } y_{ij} = 555,62 \times e^{\alpha_i} \times e^{\beta_j} \times e^{\gamma_k} \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{» gran } y_{ij} = 538,34 \times e^{\alpha_i} \times e^{\beta_j} \times e^{\gamma_k} \dots\dots\dots (8)$$

Det för olika observationsårs- (e^{α_i}), årtals- (e^{β_j}) och åldersgrupper (e^{γ_k}) erhållna regressionskoefficienterna ha sammanställts i tab. 1, 2 och 5. y_{ij} -värdena ha en spridning kring regressionsuttrycket, som approximativt uppgår till 7,2 % för funktion 7 och 5,1 % för funktion 8. Spridningen kring det ursprungliga medeltalet av den beroende variabeln utgör 30,6 och 17,6 % respektive.

Regressionskoefficienten e^{β_j}

Vid diskussion av regressionskoefficienterna i funktionerna 7 och 8 lämna vi tills vidare e^{α_i} åt sidan, således den av koefficienterna, som uttrycker observationsårsgruppens inflytande på medelårsringsbredden, och uppehålla oss till att börja med i stället vid koefficienterna e^{β_j} och e^{γ_k} . Den förra av dessa redovisar inflytandet av årtalsgruppen uttryckt i form av numret för den grupp om fem kalenderår, under vilken de i densamma ingående träden uppnådde brösthöjd. Storleken av den ifrågavarande koefficienten för olika gruppnummer och mot dessa svarande kalenderår framgår av tab. 1. De i denna redovisade koefficient-värdena återgivas även grafiskt i fig. 2—3, som illustrera sambandet mellan årtalsgruppen och e^{β_j} för tall, respektive gran. Under förutsättning att undersökningsmaterialet vore relativt ensartat med avseende på t. ex. dimensionssammansättningen av de representativa provträden inom de olika åldersgrupperna, eller om provträds materialet härrörde från bestånd på likartad bonitet, skulle sannolikt koefficienten variera inom jämförelsevis trånga gränser. Enligt fig. 2—3 är emellertid så ej fallet. Såväl för tall som gran föreligger nämligen en viss variation med avseende på e^{β_j} -värdena, vilken särskilt gör sig gällande för det förstnämnda trädslaget. Sålunda visar sig t. ex. koefficienten för den del av provträds materialet från det förra trädslaget, vilket konstaterades ha uppnått brösthöjd mellan åren 1820—1844, ligga på

Tabell 1. Värdet av koefficienten $e\beta_j$
Value of the coefficient $e\beta_j$ for dif-

Årtalsgrupp n:r (j)	10	11	12
Date group No. (j)			
Gruppen avser kalenderåren	1750—54	1755—59	1760—64
The group relates to calendar years			
Koefficienten $e\beta_j$, <i>tall</i>	0,888	0,922	1,044
Coefficient $e\beta_j$, <i>pine</i>			
Koefficienten $e\beta_j$, <i>gran</i>	0,998	0,989	0,811
Coefficient $e\beta_j$, <i>spruce</i>			
Årtalsgrupp n:r (j)	20	21	22
Gruppen avser kalenderåren.....	1800—04	1805—09	1810—14
Koefficienten $e\beta_j$, <i>tall</i>	0,894	1,092	0,998
» » , <i>gran</i>	1,164	1,037	0,935
Årtalsgrupp n:r (j)	30	31	32
Gruppen avser kalenderåren.....	1850—54	1855—59	1860—64
Koefficienten $e\beta_j$, <i>tall</i>	1,003	1,124	1,091
» » , <i>gran</i>	0,945	1,058	1,094
Årtalsgrupp n:r (j)	40	41	42
Gruppen avser kalenderåren.....	1900—04	1905—09	1910—14
Koefficienten $e\beta_j$, <i>tall</i>	—	—	—
» » , <i>gran</i>	0,864	1,037	0,945

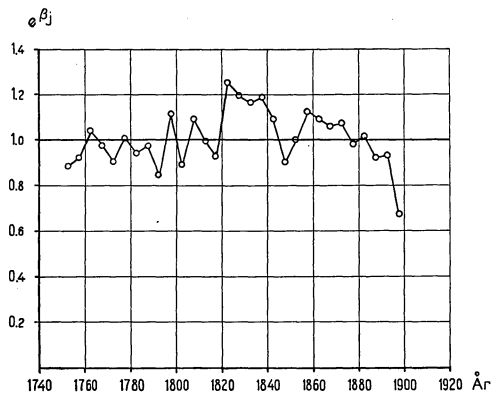


Fig. 2. Storleken av regressionskoefficienten $e\beta_j$ för olika årtalsgrupper av *tall*.
Magnitude of the regression coefficient $e\beta_j$ for different date groups of *pine*.

för olika årtalsgrupper av tall och gran.

ferent date groups of pine and spruce.

13 1765—69	14 1770—74	15 1775—79	16 1780—84	17 1785—89	18 1790—94	19 1795—99
0,979 1,006	0,908 1,016	1,010 1,007	0,946 0,920	0,976 1,053	0,850 1,038	1,115 0,977
23 1815—19	24 1820—24	25 1825—29	26 1830—34	27 1835—39	28 1840—44	29 1845—49
0,930 1,030	1,254 1,061	1,196 0,961	1,164 1,139	1,189 1,038	1,092 1,040	0,902 1,083
33 1865—69	34 1870—74	35 1875—79	36 1880—84	37 1885—89	38 1890—94	39 1895—99
1,061 1,093	1,073 1,090	0,981 1,076	1,018 0,912	0,921 0,789	0,932 0,899	0,675 0,940
43 1915—19	— —	— —	— —	— —	— —	— —
— 1,116	— —	— —	— —	— —	— —	— —

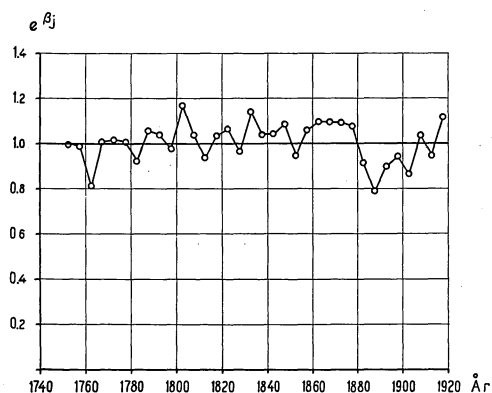


Fig. 3. Storleken av regressionskoefficienten $e\beta_j$ för olika årtalsgrupper av *gran*.
Magnitude of the regression coefficient $e\beta_j$ for different date groups of *spruce*.

Tabell 2. Värdet av koefficienten e^{γ_k}
Value of the coefficient e^{γ_k} for differ-

Åldersgrupp n:r (<i>k</i>)	1	2	3
Age group No. (<i>k</i>)			
Ålder vid bröst höjd, år	5—9	10—14	15—19
Age at breast height, year			
Koefficienten e^{γ_k} , <i>tall</i>	2,442	2,659	2,646
Coefficient e^{γ_k} , <i>pine</i>			
Koefficienten e^{γ_k} , <i>gran</i>	1,108	1,493	1,490
Coefficient e^{γ_k} , <i>spruce</i>			
Åldersgrupp n:r (<i>k</i>)	11	12	13
Ålder vid bröst höjd, år	55—59	60—64	65—69
Koefficienten e^{γ_k} , <i>tall</i>	1,150	1,090	1,050
» » , <i>gran</i>	1,052	1,020	0,995
Åldersgrupp n:r (<i>k</i>)	21	22	23
Ålder vid bröst höjd, år	105—109	110—114	115—119
Koefficienten e^{γ_k} , <i>tall</i>	0,915	0,875	0,857
» » , <i>gran</i>	0,927	0,938	0,926
Åldersgrupp n:r (<i>k</i>)	31	32	33
Ålder vid bröst höjd, år	155—159	160—164	165—169
Koefficienten e^{γ_k} , <i>tall</i>	0,743	0,776	0,749
» » , <i>gran</i>	0,836	0,861	0,849

en påfallande hög nivå. För gran efterföljas däremot de relativt höga koefficientvärdena för årtalsgrupperna mellan 1855 och 1879 under närmast följande fem femårsgrupper av en serie jämförelsevis låga värden. Som förklaring till den stundom relativt påtagliga variation, som koefficienten e^{β_j} sålunda uppvisar och som framstår som tämligen regellös, måste i främsta rummet anföras årsringsmaterialets heterogena sammansättning.

Regressionskoefficienten e^{γ_k}

Som tidigare framhållits är koefficienten e^{γ_k} ett uttryck för det inflytande, som åldersgruppen utövar på medelårsringsbredden, och kan därför tolkas som en direkt mätare på årsringsbreddens med stigande ålder avtagande tendens, således åldersavtagandet. Koefficientens numeriska värde för olika åldersgrupper inom området 5—194 år framgår av tab. 2, s. 24—25. Sambandet mellan ålder vid bröst höjd och koefficienten e^{γ_k} återges även grafiskt i fig. 4

för olika åldersgrupper av tall och gran.

ent age groups of pine and spruce.

4 20—24	5 25—29	6 30—34	7 35—39	8 40—44	9 45—49	10 50—54
2,228 1,379	1,937 1,287	1,674 1,228	1,467 1,176	1,365 1,132	1,264 1,110	1,196 1,079
14 70—74	15 75—79	16 80—84	17 85—89	18 90—94	19 95—99	20 100—104
1,034 1,000	1,014 0,975	1,017 0,957	0,973 0,960	0,928 0,966	0,904 0,961	0,925 0,941
24 120—124	25 125—129	26 130—134	27 135—139	28 140—144	29 145—149	30 150—154
0,836 0,925	0,868 0,906	0,816 0,904	0,823 0,905	0,823 0,917	0,811 0,886	0,767 0,831
34 170—174	35 175—179	36 180—184	37 185—189	38 190—194	39 —	40 —
0,766 0,816	0,775 0,836	0,789 0,866	0,758 0,834	0,881 0,829	— —	— —

och 5, av vilka den förra avser tall, den senare gran. I båda diagrammen framträder en med stigande brösthöjdsålder markerat sjunkande tendens. Denna gör sig särskilt gällande över de lägsta åldrarna och är påtagligt starkare accentuerad för tall än för gran. I förhållande till den relativt jämnt sjunkande tendensen uppvisa de olika åldersgrupperna i en del fall en viss spridning, sannolikt förorsakad av att undersökningsmaterialet ej är likformigt med avseende på sin sammansättning. Inom det avsnitt av åldersskalan, där varje rundel markerar ett koefficientvärde representerat av 9 st. åldersgrupper, d. v. s. inom området 20—154 år, ligga emellertid värdena påfallande jämnt.

Såväl för tall som gran visar sig koefficienten för de båda lägsta åldersgrupperna markerat avvika från den tendens, som utmärker de närmast högre åldersgrupperna. Det ligger nära till hands att tolka dessa, från det normala utvecklingsförloppet påtagligt avvikande värden, som främst sammanhängande med att i årsringsmaterialet till en betydande del ingå träd, vilkas

ungdomsutveckling varit tillbakasatt och haft karaktär av marbuskstadium. Tendensen är därvid i stort sett densamma, som återfinnes i av MIKOLA (1950, s. 40—43) analyserat, finskt årsringsmaterial.

För att eliminera de smärre avvikelser, som regressionskoefficienten uppvisar i förhållande till åldersavtagandets mycket påtagligt fallande tendens, har för åldersavsnittet 20—154 år e^{yk} -värdena numeriskt utjämnats enligt minsta-kvadrat-metoden. Härvid har en rad olika funktionstyper prövats, bland dem funktionerna 1—3. Den enligt okulär bedömning bästa anpassningen till materialet erhöles därvid, då utjämnningen baserades på en funktion av typen:

$$y = a + \frac{b}{\sqrt{x}} + \frac{c}{x} \dots\dots\dots (9)$$

I funktionen betecknar y den ifrågavarande regressionskoefficienten och x åldern i år. Konstanterna a , b och c erhållas som slutprodukter i samband med utjämnningen. Som nyss nämnts har denna begränsats till att endast omfatta åldersavsnittet 20—154 år. Detta omfattar sammanlagt 27 st. koefficientvärden, vart och ett baserat på sammanlagt 9 st. åldersgrupper. Försöksvis ha även e^{yk} -värdena utjämnats enligt några funktionstyper, som kunde förväntas att över hela åldersområdet återge regressionskoefficientens ändring med stigande brösthöjdsålder, nämligen en till en början snabb stegring, kulmination och därefter en successivt allt långsammare avtagande tendens. Ingen av de härvid prövade funktionerna har dock befunnits uppvisa någon så god anpassning till det speciellt intressanta åldersområdet 20—154 år, att den varit att föredraga framför den använda funktionen (9). Den numeriska utjämnningen enligt denna har för det aktuella åldersavsnittet resulterat i följande båda funktioner:

$$\text{För tall } e^{yk} = 0,84622 - \frac{4,82992}{\sqrt{x}} + \frac{54,19263}{x} \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{» gran } e^{yk} = 0,68958 + \frac{1,83998}{\sqrt{x}} + \frac{6,83271}{x} \dots\dots\dots (11)$$

Respektive funktioners goda anpassning till de ursprungliga e^{yk} -värdena inom det aktuella avsnittet av åldersskalan framgår av fig. 4—5, av vilka den förra avser tall, den senare gran. I figurerna har den mot funktionen svarande utjämningskurvan markerats med en heldragen linje. De streckade kurvstyckena representera enligt funktionen beräknade värden utanför åldersområdet 20—154 år. För såväl tall som gran anger den över högre åldrar extrapolerade delen av utjämningskurvan så gott som genomgående något högre värden än observationsmaterialet. I förhållande till de inom det aktuella åldersområdet föreliggande delarna av detsamma har dock det över högre

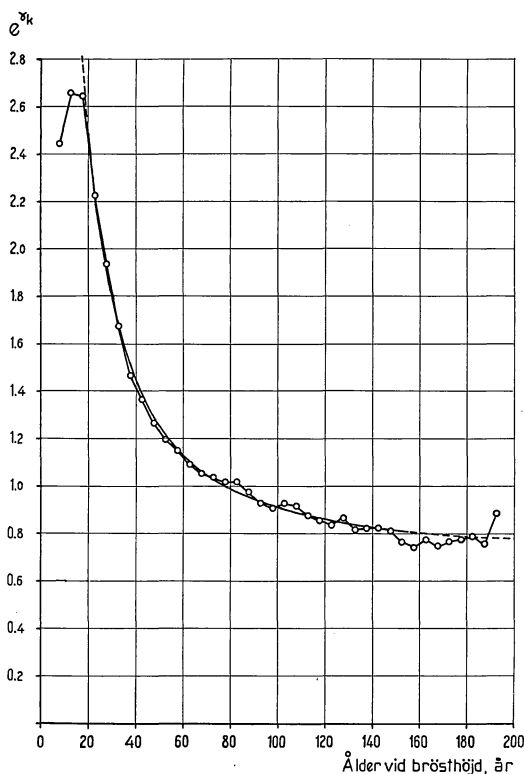


Fig. 4. Storleken av regressionskoefficienten e^{γ_k} för olika åldersgrupper av tall.
Magnitude of the regression coefficient e^{γ_k} for different age groups of pine.

åldrar extrapolerade kurvstycket ett mycket plausibelt läge. Orsaken till att utjämningskurvan här ligger på en något högre nivå än flertalet av de observerade värdena beror sannolikt främst på — eftersom regressionskoefficienten e^{β_j} måste anses redan ha eliminerat de mellan olika observationsgrupper föreliggande skillnaderna med avseende på ståndorts- och beståndsinflytandet — att antalet grupper successivt sjunker med stigande ålder, varför materialet här måste betecknas som mindre representativt än inom övriga delar av åldersskalan med undantag av området under 20 år.

För att något studera åldersavtagandet för olika årtalsgrupper har det aritmetiska medeltalet av årsringsbredden för de femårsperioder, som ingå i observationsårsgrupperna för dels årtalsgrupper med 20-årigt intervall inom åldersområdet 1700—1899, dels grupperna 1900—, 1910— och 1915—inprickats i ett diagram i enlighet med för tall fig. 6 och för gran fig. 7. Den grafiska bild, som på detta sätt erhålles av åldersavtagandet inom olika årtalsgrupper, ger vid handen, att — då vederbörlig hänsyn tages till att årsringsbredden är

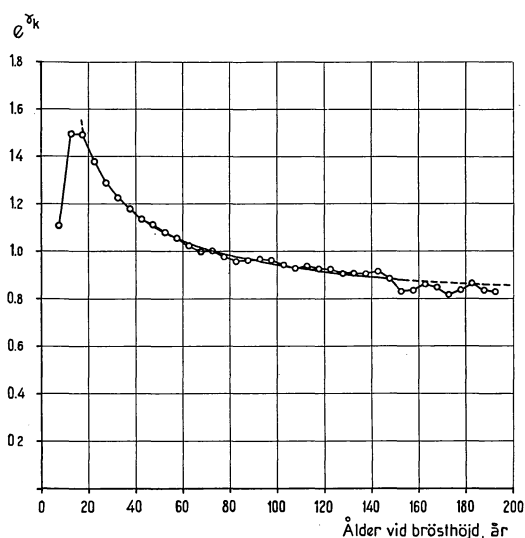


Fig. 5. Storleken av regressionskoefficienten e^{y_k} för olika åldersgrupper av *gran*.
Magnitude of the regression coefficient e^{y_k} for different age groups of *spruce*.

uttryckt i absolut mått, varigenom de av klimatet förorsakade variationerna i årsringsbredd skenbart framträda starkare accentuerade för de yngre än för de äldre årtalsgrupperna — åldersavtagandet för de olika årtalsgrupperna utmärkes av ett jämförelsevis synkront förlopp. Detta gäller såväl för tall som för gran med undantag av årtalsgrupperna 1900—, 1910— och 1915— av

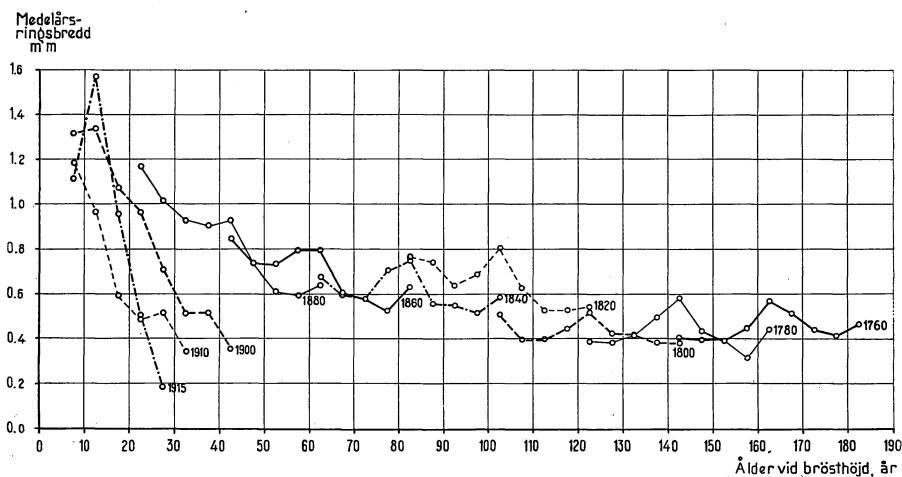


Fig. 6. Medelårsringsbredden inom olika åldersgrupper av *tall* i relation till åldern vid bröst höjd.

Mean annual ring widths in different age groups of *pine* in relation to the age at breast height.

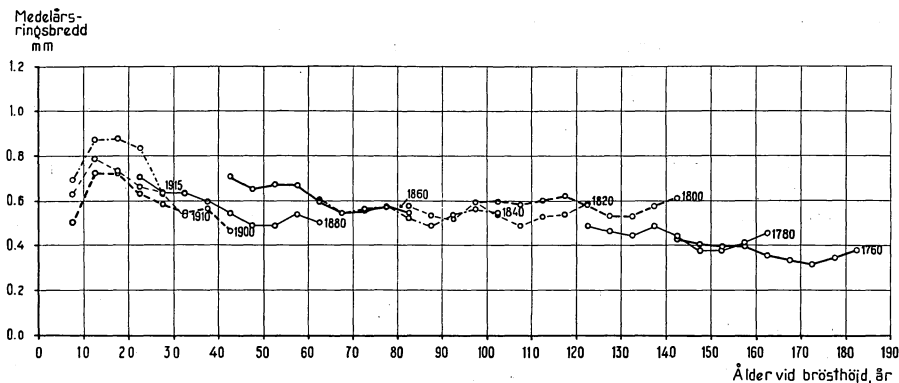


Fig. 7. Medelårsringsbredden inom olika åldersgrupper av gran i relation till åldern vid brösthöjd.

Mean annual ring widths in different age groups of spruce in relation to the age at breast height.

det förra trädslaget. Dessa tre grupper avvika nämligen på ett mycket iögonfallande sätt från det åldersavtagande, som karakteriserar övriga grupper. På grund härav ha för tall årtalsgrupperna 1900—, 1905—, 1910— och 1915— uteslutits vid den matematisk-statistiska bearbetningen. Som nämnts omfattar denna därför för tall 270 mot för gran 296 st. gruppobservationer. Intrycket av det berättigade, att vid bearbetningen av tallens årsringsmaterial utesluta de nämnda åldersgrupperna, förstärkes för övrigt av en verkställd granskning av åldersförhållandena hos de bestånd, varifrån träden representerande dessa grupper ingå. Dessa träd visade sig nämligen undantagslöst ej härröra från likåldriga bestånd av ungefär motsvarande ålder utan i stället från bestånd av merendels i genomsnitt avsevärt högre ålder, varför dessa yngre träd sannolikt uppvisa en från det jämnåldriga beståndet något avvikande årsringsutveckling.

Den relativa årsringsbredden jämta det årliga åldersavtagandet

Vid t. ex. skogliga tillväxtkalkyler eller i samband med produktionsforskning har man stundom behov av att siffermässigt känna årsringsbreddens med stigande ålder avtagande tendens. Med ledning av funktionerna 10 och 11 har därför det mot vart femte år svarande, utjämnade värdet av koefficienten $e^{1/k}$ uträknats för åldersavsnittet 20—195 år, varefter de erhållna värdena, vilka sammanställts i tab. 3 för tall och tab. 4 för gran, lagts till grund för bestämning av relativ årsringsbredd och årligt åldersavtagande. Den förra karaktären uttrycker därvid, hur många procent årsringsbredden enligt undersökningsmaterialet vid en viss brösthöjdsålder utgör av årsringsbredden vid 100 år. Det årliga åldersavtagandet är däremot ett uttryck för med hur många

Tabell 3. Enligt funktion 10 utjämnade värden av koefficienten e^{yx} samt relativ årsringsbredd¹ jämte årligt åldersavtagande² för tall av olika ålder vid brösthöjd.

Values of the coefficient e^{yx} adjusted in accordance with function 10, also relative annual ring width¹ and annual age decrease² for pine of different ages at breast height.

Ålder vid brösthöjd, år	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Age at breast height, year	—	—	—	—	2,476	2,048	1,771	1,578	1,437	1,330
Koefficienten e^{yx}	—	—	—	—	2,476	2,048	1,771	1,578	1,437	1,330
Relativ årsringsbredd, %.....	—	—	—	—	273,5	226,2	195,6	174,3	158,8	147,0
Relative annual ring width, %	—	—	—	—	—	4,18	3,13	2,44	1,96	1,61
Årligt åldersavtagande, %.....	—	—	—	—	—	4,18	3,13	2,44	1,96	1,61
Annual age decrease, %	—	—	—	—	—	4,18	3,13	2,44	1,96	1,61
Ålder vid brösthöjd år	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Koefficienten e^{yx}	1,247	1,180	1,126	1,081	1,043	1,011	0,984	0,960	0,939	0,921
Relativ årsringsbredd, %.....	137,8	130,4	124,4	119,4	115,2	111,7	108,7	106,0	103,8	101,8
Årligt åldersavtagande, %.....	1,34	1,13	0,97	0,83	0,72	0,63	0,56	0,49	0,44	0,39
Ålder vid brösthöjd, år	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
Koefficienten e^{yx}	0,905	0,891	0,878	0,867	0,857	0,848	0,840	0,832	0,825	0,819
Relativ årsringsbredd, %.....	100,0	98,4	97,0	95,8	94,7	93,7	92,7	91,9	91,1	90,4
Årligt åldersavtagande, %.....	0,35	0,32	0,29	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15
Ålder vid brösthöjd, år	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
Koefficienten e^{yx}	0,813	0,808	0,803	0,799	0,794	0,791	0,787	0,784	0,781	0,778
Relativ årsringsbredd, %.....	89,8	89,2	88,7	88,2	87,8	87,4	87,0	86,6	86,3	86,0
Årligt åldersavtagande, %.....	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07

¹ Relativ årsringsbredd = $100 \times \frac{e^{yx}}{e^{y_{100}}}$
Relative annual ring width =

² Årligt åldersavtagande = $\frac{100}{5} \times \frac{e^{yx} - e^{y_{x+5}}}{e^{yx}}$
Annual age decrease =

procent, som årsringsbredden i stort genomsnitt årligen minskar mellan brösthöjdsåldrar med femårigt intervall.

Vid jämförelse mellan de båda kurvorna i fig. 8, vilka i enlighet med de i tab. 4 och 5 angivna värdena, illustrera sambandet mellan brösthöjdsålder och relativ årsringsbredd, kan man konstatera, att vid den lägsta angivna åldern — 20 år — den relativa årsringsbredden är i det närmaste dubbelt så stor för tall- som för granmaterialet, för att sedan för det förra materialet avtaga markerat snabbare än för det senare. I den gemensamma basnivån — 100 % vid 100 år — skära de båda kurvorna varandra, varefter granen vid stigande ålder utmärkes av något högre relativa årsringsbredder än tallen.

Det i enlighet med fig. 9 återgivna årliga åldersavtagandet uppgår vid en

Tabell 4. Enligt funktion 11 utjämnade värden av koefficienten e^{y_x} samt relativ årsringsbredd¹ jämte årligt åldersavtagande² för gran av olika ålder vid brösthöjd.

Values of the coefficient e^{y_x} adjusted in accordance with function 11, also relative annual ring width¹ and annual age decrease² for spruce of different ages at breast height.

Ålder vid brösthöjd, år	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Age at breast height, year										
Koefficienten e^{y_x}	—	—	—	—	1,443	1,331	1,257	1,196	1,151	1,116
Coefficient e^{y_x}										
Relativ årsringsbredd, %	—	—	—	—	153,2	141,3	133,1	127,0	122,2	118,4
Relative annual ring width, %										
Årligt åldersavtagande, %	—	—	—	—	—	1,68	1,24	0,96	0,77	0,64
Annual age decrease, %										
Ålder vid brösthöjd, år	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Koefficienten e^{y_x}	1,086	1,062	1,041	1,023	1,007	0,993	0,981	0,970	0,959	0,950
Relativ årsringsbredd, %	115,3	112,7	110,5	108,6	106,9	105,4	104,1	102,9	101,9	100,9
Årligt åldersavtagande, %	0,54	0,46	0,40	0,35	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19
Ålder vid brösthöjd, år	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
Koefficienten e^{y_x}	0,942	0,934	0,927	0,921	0,915	0,909	0,904	0,899	0,894	0,890
Relativ årsringsbredd, %	100,0	99,2	98,4	97,7	97,1	96,5	95,9	95,4	94,9	94,4
Årligt åldersavtagande, %	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09
Ålder vid brösthöjd, år	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
Koefficienten e^{y_x}	0,885	0,882	0,878	0,874	0,871	0,868	0,865	0,862	0,859	0,856
Relativ årsringsbredd, %	94,0	93,6	93,2	92,8	92,4	92,1	91,8	91,5	91,2	90,9
Årligt åldersavtagande, %	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06

¹ Relativ årsringsbredd = $100 \times \frac{e^{y_x}}{e^{y_{100}}}$.
Relative annual ring width, =

² Årligt åldersavtagande = $\frac{100}{5} \times \frac{e^{y_x} - e^{y_{x+5}}}{e^{y_x}}$.
Annual age decrease, =

brösthöjdsålder mellan 20 och 25 år till 4,2 % för tall mot endast 1,7 % för gran. Mellan 70 och 75 år äro motsvarande värden 0,6 och 0,3 % och mellan 100 och 105 år 0,3 och 0,2 % respektive. Mot högre åldrar tendera kurvorna för tallens och granens åldersavtagande att i det närmaste sammansmälta och få ett nära nog asymptotiskt förlopp i förhållande till åldersskalan. RUDENS (1945, s. 205) påstående »at den prosentiske synkning fra år til år skulle være konstant» har följaktligen ej funnit stöd i de nu erhållna resultaten.

Undersökningsmaterialet lämnar ej några egentliga hållpunkter för slutsatser beträffande den otvivelaktigt intressanta frågan, huruvida man kan sätta likhetstecken mellan det åldersavtagande, som enligt ovanstående i stort sett konstaterats föreligga för träd i orörda bestånd inom Norrland jämte

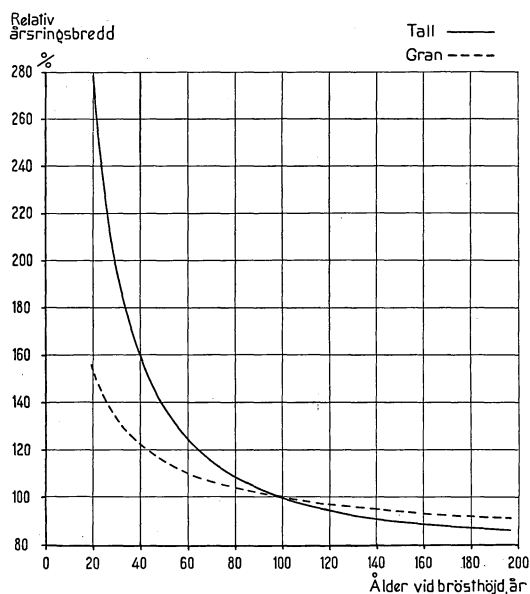


Fig. 8. Årsringens relativa bredd vid olika brösthöjdsåldrar uttryckt i procent av årsringens genomsnittliga bredd vid 100 år. Den heldragna kurvan representerar tall, den streckade gran.

Annual rings' relative width at different breast height ages expressed as a percentage of the annual rings' average width at 100 years. The full-line curve represents pine and the broken line spruce

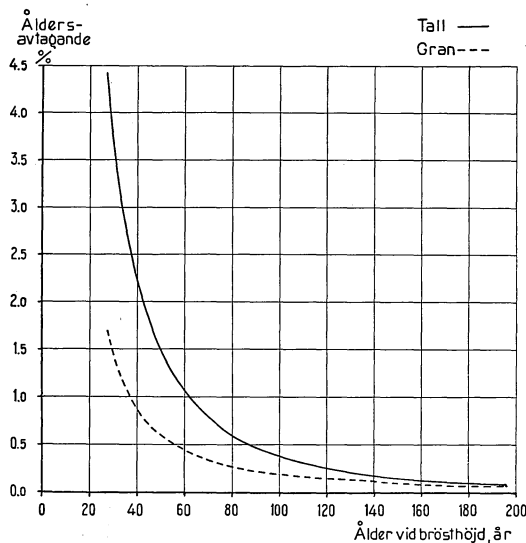


Fig. 9. Årsringsbreddens relativa åldersavtagande vid olika brösthöjdsåldrar. Den heldragna kurvan representerar tall, den streckade gran.

Annual rings' relative age decrease at different breast height ages. The full-line curve represents pine and the broken line spruce.

Kopparbergs län, och åldersavtagandet för träd av jämförbar ålder i gallrad eller genomhuggen skog. Enär här gallringsreaktionerna som regel — möjligen dock med undantag för skog på ungdomsstadiet — ha en långt starkare framträdande effekt på årsringsbredden än det egentliga åldersavtagandet, kommer detta att yttra sig i en försvagning av huggningsinflytandet. I brist på mera ingående undersökningar torde man dock tills vidare kunna utnyttja de enligt ovanstående konstaterade siffrorna på det genomsnittliga åldersavtagandet jämväl för huggna bestånd.

Regressionskoefficienten e^{α_i}

Av de i funktionerna 7 och 8 ingående regressionskoefficienterna återstår nu att behandla koefficienten e^{α_i} . Enligt det föregående återger denna det inflytande, som observationsårsgruppen i från årtals- och åldersgruppen renodlad form utövar på medelårsringsbredden och kan därför tolkas som en direkt mätare på klimatets inflytande på årsringsbredden under de femåriga grupper av kalenderår, vilka svara mot de använda numren på observationsårsgrupperna. Som framgår av tab. 5, s. 33, motsvarar därvid nr 40 av de senare grupperna femårsperioden 1900—04, nr 41 åren 1905—09 o. s. v. Förutom värdet på koefficienten e^{α_i} för olika observationsårsgrupper upptager tabellen motsvarande medelårsringsindex, som erhållits genom att uttrycka koefficient-värdena i procent. Årsringsindex för de olika femårsperioderna redovisas även grafiskt i fig. 10. Enligt denna har klimatets inflytande på radietillväxten under de nio femårsperioder, som undersökningsmaterialet omspänner, gestaltat sig påtagligt olika för tall och gran. Den storvågighet,

Tabell 5. Värdet av koefficienten e^{α_i} för olika observationsårsgrupper av tall och gran.

Value of the coefficient e^{α_i} for different observation-years' groups of pine and spruce.

Observationsgrupp nr (i) Observationgroup No. (i)	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Gruppen avser kalenderåren . . The group relates to calendar years	1900-04	1905-09	1910-14	1915-19	1920-24	1925-29	1930-34	1935-39	1940-44
Koefficienten e^{α_i} , tall Coefficient e^{α_i} , pine	0,988	0,908	0,958	1,107	1,234	0,982	0,946	0,903	1,045
Koefficienten e^{α_i} , gran Coefficient e^{α_i} , spruce	1,057	1,016	1,029	1,067	0,979	0,916	0,945	1,009	0,995
Årsringsindex för tall, % Annual ring index for pine, %	98,8	90,8	95,8	110,7	123,4	98,2	94,6	90,3	104,5
Årsringsindex för gran, % Annual ring index for spruce, %	105,7	101,6	102,9	106,7	97,9	91,6	94,5	100,9	99,5

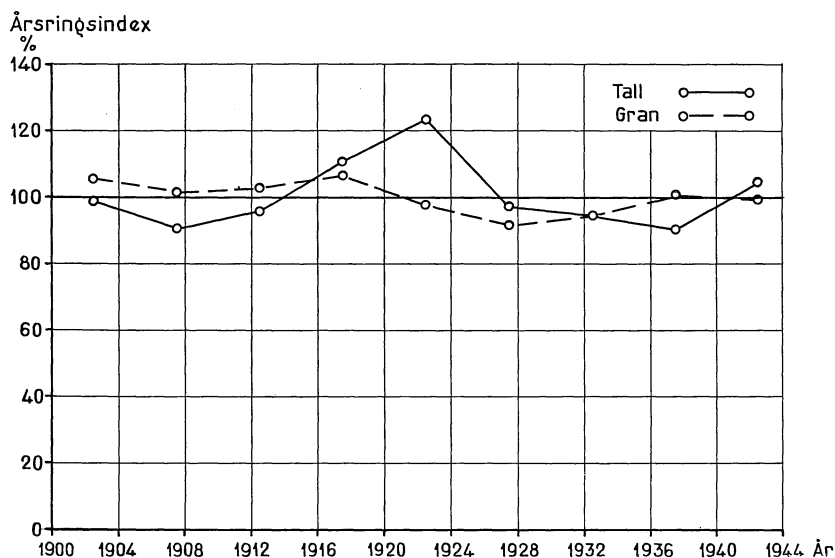


Fig. 10. Årsringsindex för de femåriga observationsårsgrupperna enligt regressionskoefficienten e^{α_i} . De heldragna linjerna representera tall, de streckade gran.
Annual ring index for the five-year observation year groups according to the regression coefficient e^{α_i} . The full lines represent pine and the broken lines spruce.

som på ett mycket iögonfallande sätt karaktäriserar tallens årsringsindexserie, återfinnes visserligen i någon mån hos granens, men ej på långt när lika accentuerad. Synkronismen mellan de båda trädslagens indexserier är över huvud taget föga framträdande, vilket bestyrker tidigare iakttagelser, att klimatet ej på likformigt sätt registreras av tallens och granens årsringar.

För tallens del uppvisa endast tre av de nio femårsperioderna indexvärden överstigande normalvärdet — 100 % — varvid de på varandra följande perioderna 1915—19 och 1920—24 framstå som markerat gynnsamma, särskilt då den senare under vilken klimatet visar sig ha haft ett med hänsynstagande till hela undersökningsperiodens längd rekordartat gynnsamt inflytande. Samtliga de övriga sex femårsperioderna karaktäriseras av ett mer eller mindre utpräglat ogynnsamt klimatinflytande. Anmärkningsvärt är att perioderna 1905—09 och 1935—39 uppvisa nära nog identiskt medelårsringsindex, vilket även är fallet då perioden 1910—14 jämföres med perioden 1930—34.

På granens årsringsbildning visar sig klimatet under de fyra första femårsperioderna (1900—19) ha haft ett gynnsamt inflytande. De därpå följande tre femårsperioderna utmärkas däremot av ett undernormalt klimatinflytande, som når sitt lägsta värde under perioden 1925—29. Under de båda senaste femårsperioderna, således 1935—39 och 1940—44, har slutligen klimatinflytandet av granens årsringar registrerats som praktiskt taget normalt.

Omföring av medelårsringsindex för femårsperioder till årsringsindex för kalenderår

Den matematisk-statistiska bearbetningen av det föreliggande årsringsmaterialet har till följd av dettas jämförelsevis begränsade omfattning i för- ening med räknetekniska orsaker måst genomföras på grundval av samman- slagning av de kalenderårsvisa medeltalen till femårsmedeltal («observations- årsgrupper»). Av olika anledningar, t. ex. då det gäller att studera den kausala bakgrunden till årsringsbreddens klimatiskt betingade variation eller för korrektion av konstaterade tillväxtbelopp till att avse »normalt» klimatinfly- tande, har man ofta behov av att känna årsringsindex för olika kalenderår, så att man kan bilda medeltal för andra kombinationer av kalenderår än som kommit till användning vid den ovan behandlade regressionsanalytiska bear- betningen.

På grund härav ha de med utgångspunkt från regressionskoefficienten e^{α_i} härledda värdena på årsringsindex för de fixerade femårsgrupperna trans- formerats till kalenderårsvisa index, varvid följande tillvägagångssätt kommit till användning:

Med ledning av den för varje enskilt kalenderår enligt undersöknings- materialet föreliggande medelårsringsbredden ha medeltal uträknats för fem- årsgrupper korresponderande med de använda observationsårsgrupperna. De

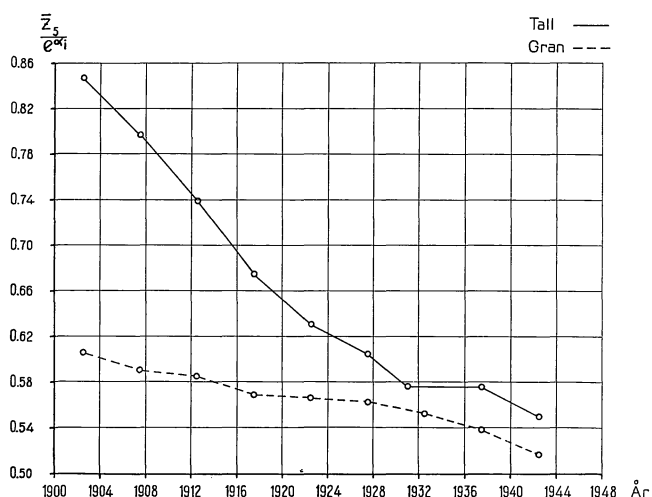


Fig. 11. Diagram för bestämning av årsringsindex för olika kalenderår med utgångs- punkt från kvoten mellan medelårsringsbredden (\bar{z}_5) och index (e^{α_i}) för de femåriga observationsårsgrupperna. De heldragna linjerna representera tall, de streckade gran.

Diagram for determining the annual ring index for different calendar years, based on the quotient of the mean annual ring width (\bar{z}_5) and the index (e^{α_i}) for the five-year observation year groups. The full lines represent pine and the broken lines spruce.

sålunda erhållna medeltalen (\bar{z}_5) ha därefter dividerats med det för perioden föreliggande värdet av regressionskoefficienten e^{α_i} . Den erhållna kvoten $\bar{z}_5:e^{\alpha_i}$ har för vardera av de nio observationsårsgrupperna inprickats i ett diagram med abskissan graderad i kalenderår och ordinatan indelad med avseende på kvoten $\bar{z}_5:e^{\alpha_i}$. Värdena ha därvid avsatts vid det kalenderår, som motsvarar observationsårsgruppens mitt, varefter de inprickade värdena sammanbundits. Med tillhjälp av det sålunda konstruerade diagrammet, som i förminskad skala återges i fig. 11, s. 35, har det mot varje enskilt kalenderår svarande värdet av kvoten $\bar{z}_5:e^{\alpha_i}$ avlästs. Genom att dividera den för kalenderåret konstaterade medelårsringsbredden med denna kvot ha sålunda kalenderårsvisa indexvärden erhållits, varvid dessa uttryckts i procent. Medelårsringsindex har därefter uträknats för de aktuella femårsperioderna och jämförts med motsvarande index enligt tab. 1. Då till följd av den osäkerhet, som vidlåder den grafiska avläsningen, vissa mindre divergenser konstaterades föreligga mellan de ursprungliga femårsmedeltalen och de på grafisk väg härledda, ha för varje femårsgrupp de kalenderårsvisa indexvärdena genom proportionell höjning

Tabell 6. Årsringsindex för tall och gran inom Norrland jämte Kopparbergs län under tiden 1900—1944 (»standardserierna»).

Annual ring index for pine and spruce in Norrland and Kopparberg Province during the period 1900—1944 ("standard series").

Trädslag Tree species	Årsringsindex i procent för år Annual ring index per cent for the year									
	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909
Tall..... Pine	103,6	115,5	90,6	94,6	89,5	90,8	95,8	90,3	95,2	82,0
Gran..... Spruce	119,6	122,0	83,5	104,6	98,7	104,2	101,0	98,3	106,6	98,1
	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919
Tall.....	91,6	82,4	93,4	98,2	113,2	118,5	111,9	102,2	111,6	109,0
Gran.....	105,4	99,4	101,6	99,8	108,1	110,0	107,6	105,1	96,2	114,0
	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929
Tall.....	116,6	120,7	135,5	126,0	118,4	115,7	98,1	98,6	80,7	98,0
Gran.....	96,6	93,2	111,5	89,9	98,2	93,8	90,2	95,3	71,6	106,9
	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939
Tall.....	105,5	84,5	96,4	89,0	97,8	82,4	79,7	92,6	94,8	101,8
Gran.....	100,8	76,9	98,9	99,3	96,6	86,1	106,4	108,2	94,5	109,1
	1940	1941	1942	1943	1944	—	—	—	—	—
Tall.....	92,3	113,6	103,6	110,6	102,3	—	—	—	—	—
Gran.....	116,2	118,6	90,8	90,2	81,6	—	—	—	—	—

eller sänkning bringats att överensstämma med motsvarande index enligt nämnda tabell. De sålunda erhållna årsringsindex för olika kalenderår redovisas numeriskt i tab. 6, s. 36 och grafiskt i fig. 12 och 14, vilka senare även upptaga den för tall respektive gran föreliggande genomsnittliga årsringsbredden för motsvarande kalenderår.

Kap. IV. Årsringsindexserier för hela undersökningsmaterialet

Tall

Hur under olika kalenderår väderlekens växlingar inom Norrland jämte Kopparbergs län registrerats av tallens årsringar illustreras av fig. 12, s. 37, vilket diagram följaktligen ger en mera detaljerad bild av årsringsvariationerna än fig. 10, s. 34.

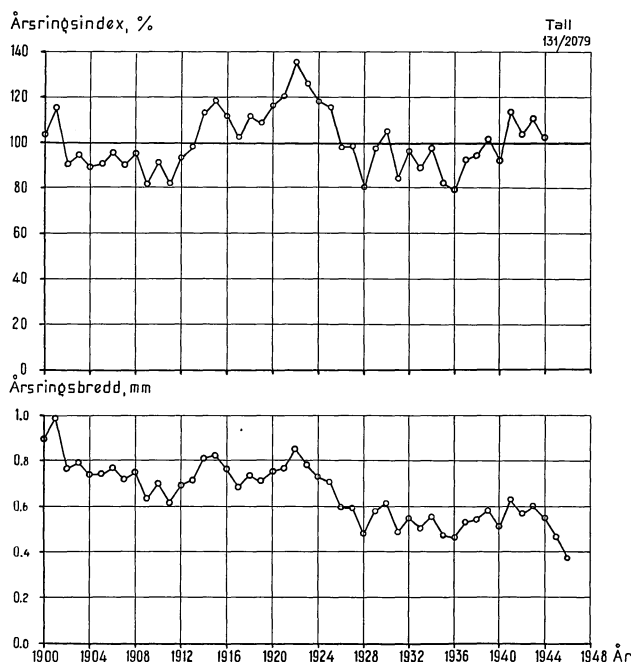


Fig. 12. Medelårsringsbredd (undre diagrammet) och årsringsindex (övre diagrammet) för hela undersökningsmaterialet av *tall* omfattande 131 st. provtytor med inalles 2 079 st. provträd.

Mean annual ring width (lower diagram) and annual ring index (upper diagram) for the whole of the *pine* investigation material comprising 131 sample plots and a total of 2 079 sample trees.

År 1900 visar sig tallens årsringsindex ligga ungefär i nivå med normalvärdet, 100 %, för att under inflytandet av väderleksförhållandena under den osedvanligt varma och torra sommaren påföljande år undergå en markerad stegring från 104 till 116 %. Till följd av den för årsringsbildningen synnerligen ogynnsamma sommaren 1902, då väderleken under den egentliga vegetationsperioden var utpräglat kall och regnig och följaktligen den diametrala motsatsen till den under föregående år, inträder en mycket påtaglig nedgång av årsringsindex till 91 %, således en minskning med 25 %. Enligt de delar av undersökningsmateriallet, för vilka årsringsmätningen skett med uppdelning på försommar-, (vår-) och eftersommar- (höst-) ved, är det särskilt det senare årsringselementet, som visat sig vara det proportionsvis svagast utvecklade inom 1902 års årsring.

Redan så tidigt som 1904 observerade HESSELMAN (1904 b) att hos tallen betydande skillnader förelåg mellan den under år 1901 och 1902 bildade årsringen, vilken skillnad han satte i samband med den under dessa båda kalenderår starkt kontrasterande väderlekssituationen under den egentliga vegetationsperioden. Enligt HESSELMAN (1904 a) sker icke blott årsringsbildningen under inflytande av väderleksförhållandena under vegetationsperioden ett visst kalenderår, utan desamma påverka även anläggningen av de skott och barranlag, vilka komma till utveckling först under närmast följande vegetationsperiod. I enlighet med ROMELL (1925, s. 114—115) skulle därvid skottens längd ej påverkas av temperaturförhållandena under den tid, då den egentliga skottsträckningen äger rum, utan således vara på förhand fixerad som en följd av väderleksförhållandena under den närmast föregående vegetationsperioden. En serie av för tillväxten gynnsamma år kan därför leda till en successiv förstoring av assimilationsapparaten utöver normalt med ytterligare stimulerad årsringsbildning till resultat. Till följd av den ettåriga fasförskjutningen mellan å ena sidan årsringsbildningen och å andra sidan skotten jämte barrrens utveckling, skulle verkningarna av ett ur tillväxtsynpunkt ogynnsamt år av årsringarna registreras som mindre starkt accentuerade, än om de närmast föregående åren varit normala eller ogynnsamma. Omvänt måste man räkna med att ett ogynnsamt klimatinflytande under de vegetationsperioder, då den levande barrmassan bildats, medför en ej fullt normal utveckling av densamma, varför årsringsindex för ett efterföljande gynnsamt år blir något lägre, än om den assimilerande barrmassan bildats under mera normala väderleksförhållanden. De verkningar, som väderleken under de närmast föregående kalenderåren indirekt utövar på årsringsbredden för ett aktuellt kalenderår, benämnas i det följande för *klimatiska sekundärverkningar*.

Man måste följaktligen räkna med att årsringens klimatiskt betingade variation ej är entydigt förorsakad av väderleksförhållandena under den vegetationsperiod, då årsringen bildas,

utan att den i viss utsträckning även är en följd av klimatiska sekundärverkningar liksom även av andra orsaker, som verkat störande på trädens livsprocesser. Sålunda leder stundom en konstellation av klimatiska förutsättningar till en riklig blomning och kottsättning, vartill betydande mängder assimilat torde åtgå på bekostnad av årsringsbildningen (EIDE, 1926, ORDING, 1941, jfr även kap. VI). Ävenså förorsaka sannolikt starkare angrepp av sådana insekter, som förtära eller på annat sätt förstöra delar av kronans barruppsättning, en nedsättning av årsringsbildningen. Undersökningar över i vilken omfattning större mörghorren (*Blastophagus piniperda* L.), mindre mörghorren (*B. minor* Hart.) och röda tallstekeln [*Diprino (Lophyrus) sertifer* Geoff.] vid starkare angrepp nedsätta tillväxten hos tallbestånd, pågå för övrigt vid skogsforskningsinstitutets zoologiska avdelning.

Sannolikt torde även mera svårartade angrepp av barrförstörande svampar resultera i en så kraftig minskning av den assimilerande barrmassan, att årsringsbildningen hämmas. Sålunda torde de mycket omfattande angrepp av granens gulrost och blårost (*Chrysomyxa Abietis* och *C. Ledi*), som sommarna 1952 och 1953 inträffade inom stora delar av Norrland, ha registrerats av granens årsringar.

I sällsynta fall kan även svårare mekanisk kronskadegörelse, t. ex. genom extremt kraftig hagelpiskning, resultera i så betydande barrförluster, att årsringsbildningen temporärt nedgår (EKLUND, 1954).

För att återkomma till tallens årsringsvariationer enligt fig. 12 inleder år 1902 en serie om inalles 12 kalenderår, under vilka årsringsindex med något varierande belopp genomgående understiger normalnivån. Som särskilt dåliga växtår framstår därvid de av lika årsringsindex — 82 % — karaktäriserade åren 1909 och 1911.

Årsringsindex för åren 1913—17 bilda en karaktäristisk våg, vars topp uppnås år 1915 eller året efter den varma och torra sommaren 1914. Indexvärdena uppvisa en förhållandevis god överensstämmelse med dem, som förf. i annat sammanhang (EKLUND, 1944) erhållit på grundval av årsringsmaterial från den andra finska riksskogstaxeringen, varvid för norra Finland följande årsringsindex erhållas:

	År 1913	1914	1915	1916	1917
Årsringsindex för norra Finland, %...	98	108	119	111	101
» » » Sverige, %...	98	113	118	112	102

Då det gäller jämförelser mellan de för norra Sverige jämte Kopparbergs län föreliggande årsringsindex och indexvärden för andra geografiska områden, måste man emellertid ha i minnet, att årsringsindex härletts enligt olika tillvägagångssätt.

Från år 1917, då årsringsindex åter befinner sig ungefär i höjd med normal-

nivån, inträder med undantag för år 1919 en successiv, mycket markerad stegring av årsringsindex fram till år 1922, då årsringsindex når ett så extremt högt värde som i det närmaste 136 %. Som jämförelse kan nämnas att årsringsindex för det finska årsringsmaterialet av förf. (EKLUND, 1944, s. 203) fastställts till 133 % för södra och 139 % för norra Finland, vilka värden för övrigt mycket väl överensstämmer med dem, som MIKOLA (1950, s. 48) erhållit som medeltal för fem undersökningslokaler inom södra och tre inom norra Finland, nämligen 132,7 och 138,2 % respektive, varvid årsringsindex beräknats på analogt sätt, som förf. tidigare använt för årsringsmaterialet från den andra finska riksskogstaxeringen. Enligt ORDINGS (1941) årsringsanalyser framstår år 1922 som ett mycket utpräglat gynnsamt växtår även för den norska tallen. Sålunda utgör enligt ORDING (1941) »midlet av de korrigerade og standardiserade årringer angitt i 1/100 mm» för undersökningslokalen Rørstadalen statskog liksom för Løiten almenning 128, Eidsvolds prestegårdsskog 134, Bundlimarka II 132, Brustadmarka 136 och Spulåsen—Haslemo—Gjeråsen 138. För en del andra undersökningslokaler redovisar emellertid ORDING från nämnda medeltal rätt avsevärt avvikande värden. *I stort sett framstår emellertid år 1922 som ett osedvanligt gynnsamt växtår för tall inom stora delar av Fennoskandia.* Då detta kalenderår ej kan karaktäriseras som särskilt anmärkningsvärt beträffande väderleksförhållandena under den egentliga vegetationsperioden, d. v. s. under tiden månadsskiftet maj/juni till mitten av augusti (ANDERSSON, 1953), måste sannolikt årets karaktär av osedvanligt gott växtår sättas i samband med klimatiska sekundärverkningar från närmast föregående kalenderår.

Efter det extremt goda växtåret 1922 får tallens årsringsserie en starkt sjunkande tendens med successivt allt lägre indexvärden, så att årsringsindex under år 1926 och 1927 åter befinner sig ungefär i höjd med normalnivån för att under följande år ytterligare sjunka till det jämförelsevis låga värdet 81 %. Under de båda följande åren stegras emellertid indexvärdena på nytt för att under år 1931 åter sjunka. Fram till år 1940 utmärkes serien av rätt avsevärda växlingar ifråga om årsringsindex, varvid åren 1934 och 1939 ha karaktär av ungefär normala växtår, medan årsringsindex för övriga kalenderår antyda mer eller mindre utpräglat dåliga växtår. De förra representeras därvid av 1935 och 1936. Tallens årsringsserie avslutas sålunda med fyra kalenderår av över normalt klimatinflytande, som särskilt gör sig gällande för år 1941.

För att konstatera ifall några mera påtagliga likheter föreligger mellan tallens årsringsvariationer inom Norrland jämte Kopparbergs län och olika delar av Finland, ha årsringsindexserierna jämförts inbördes genom korrelationsräkning. Härvid ha de indexvärden för södra och norra Finland kommit till användning, som förf. (EKLUND, 1944, s. 203) härlett med utgångssynpunkt från årsringsmaterial från 1936—38 års finska riksskogstaxering, varvid i

Tab. 7. Korrelationskoefficienter vid kombination av årsringsindexserier för tall enligt det svenska och finska årsringsmaterialet.

Correlation coefficients on combining the annual ring index series for pine in accordance with the Swedish and Finnish annual ring material.

Område Area	Norrland jämte Kopparbergs län	Södra South	Norra North	Hela Whole of
	Norrland and Kopparberg Province	Finland Finland		
	Korrelationskoefficient Correlation coefficient			
Norrland jämte Kopparbergs län.....	—	0,810	0,795	0,830
Norrland and Kopparberg Province				
Södra Finland.....	0,810	—	0,844	0,933
South Finland				
Norra Finland.....	0,795	0,844	—	0,947
North Finland				
Hela Finland	0,830	0,933	0,947	—
Whole of Finland				

Korrelationskoefficienten är genomgående positiv och statistiskt signifikant enligt ***.
The correlation coefficient is positive throughout and statistically significant according to ***.

enlighet med det föregående indexberäkningen baserades på numerisk utjämning av årsringsmaterialet enligt funktion 2, s. 15. Utjämningen avsåg därvid femtioårsperioden 1887—1936, varför jämförelsen mellan det svenska och de finska årsringsindexserierna måst inskränkas till att endast omfatta det för samtliga serier gemensamma tidsavsnittet, nämligen 1900—1936. Indexserien för Norrland jämte Kopparbergs län baserar sig på 2 079 representativt uttagna provträd från inalles 131 över hela området väl fördelade provtytor, medan 966 provträd ligga till grund för årsringsindexserien för södra och 553 för norra Finland. Olikteterna ifråga om härledningen av årsringsindex för å ena sidan det svenska, å andra sidan det finska årsringsmaterialet föranleder givetvis, att korrelationsräkningarnas resultat endast kunna läggas till grund för relativt försiktigt hållna slutsatser. I än högre grad gäller emellertid detta jämförelser mellan den svenska och de finska serierna med avseende på årsringsindex numeriska belopp under enskilda eller grupper av kalenderår. Korrelationsräkningarnas resultat redovisas i tab. 7.

Enligt tab. 7 föreligger relativt hög samvariation mellan årsringsindexserierna för tall inom å ena sidan Norrland jämte Kopparbergs län, å andra sidan såväl norra som södra Finland, varvid korrelationskoefficienten i båda fallen anger nära nog samma grad av samvariation. Då södra och norra

Finland sinsemellan jämföras, erhåller man en endast obetydligt högre korrelationskoefficient än i föregående fall eller praktiskt taget samma koefficientvärde, som då Norrland jämte Kopparbergs län jämföres med hela Finland, vilka båda områden sträcka sig mellan ungefär samma breddgrader. Indexserien för hela Finland har därvid uträknats som medeltalet av årsringsindex för de södra och norra landsdelarna. Självfallet leder därför bestämningen av samvariationen mellan årsringsindex för respektive landsdelar gent emot hela Finland till högre koefficientvärden än som erhållas mellan indexserierna för

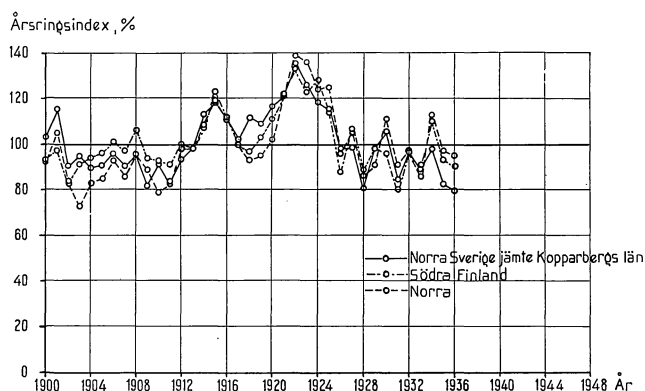


Fig. 13. Jämförelse mellan årsringsindexserier för *tall* inom norra Sverige jämte Kopparbergs län (2 079 st. provträd, heldragna linjer), södra Finland (966 st. provträd, streck-prickade linjer) och norra Finland (553 st. provträd, streckade linjer). Comparison between the annual ring index series for *pine* in Northern Sweden and Kopparbergs Province (2 079 sample trees, full lines), Southern Finland (966 sample trees, dotted lines), and Northern Finland (553 sample trees, broken lines).

södra och norra Finland. Metodiken för bedömning av korrelationen mellan sådana tidsserier, det här är frågan om, är tyvärr föga utvecklad. På grund härav har förf. sett sig nödsakad att vid jämförelser mellan olika årsringsindexserier använda sig av de för korrelationskoefficienter gängse signifikanskriterierna. Sannolikt torde dessa kriterier därvid leda till en överskattning av signifikansen, varför bedömningen av densamma måste tolkas med stor försiktighet.

En jämförelse mellan årsringsindexseriernas numeriska belopp enligt fig. 13, s. 42, ger antydning om att de olika tillvägagångssätten vid härledningen av årsringsindex för å ena sidan det svenska, å andra sidan de båda finska årsringsmaterialen i förening med olikheterna beträffande utjämningsperiodens längd och omfattning (1900—1944 för det svenska och 1887—1936 för det finska årsringsmaterialet) sannolikt påverkar årsringsindex höjd inom olika delar av tidsskalan. Sålunda skulle skillnaderna mellan de olika serierna i deras början och slut till en del kunna förklaras av nämnda orsaker. Emellertid

föreligger för ett flertal enstaka eller på varandra följande kalenderår en anmärkningsvärt god överensstämmelse mellan de tre indexserierna. Särskilt gäller detta åren 1913—1917 och — ehuru ej lika utpräglat — åren 1921—1926. Å andra sidan uppvisa en del kalenderår svårförklarliga avvikelser ifråga om årsringsindex från de båda övriga serierna, såsom t. ex. är fallet med år 1903, som för norra Finland har karaktär av utpräglat dåligt växtår för tall, medan det sydfinska och svenska årsringsmaterialet visserligen antyder, att årsringsindex då ligger under normalnivån, men att en stegring inträtt sedan 1902 års ogynnsamma sommar. Denna starkt iögonfallande skillnad är sannolikt en följd av klimatiska sekundärverkningar från det, särskilt inom de norra delarna av Sverige och Finland, utpräglat ogynnsamma klimatinflytandet under år 1902. Visserligen skulle enligt HESSELMANS (1904 a) undersökningar assimilationsapparatus utveckling under nämnda år ha kraftigt stimulerats under inflytande av 1901 års osedvanligt varma och torra sommar, men å andra sidan borde den efterföljande utpräglat kalla och regniga sommaren ha haft menliga återverkningar på skottanläggningen, varför assimilationsapparatus storlek under år 1903 kan tänkas ha reducerats i sådan omfattning, att detta verkat hämmande på radietillväxten.

De utförda korrelationsräkningarna i förening med de grafiska jämförelserna mellan den svenska och de båda finska årsringsindexserierna ha följaktligen givit vid handen, att de under jämförelseperioden 1900—1936 rådande väderleksförhållandena under olika kalenderår i en del fall haft ett förhållandevis likartat inflytande på tallens årsringsbildning inom norra Sverige jämte Kopparbergs län och inom Finland. De inom vissa avsnitt av tidsskalan uppträdande skillaktigheterna beträffande indexvärdets höjd för de aktuella årsringsindexserierna botten sannolikt delvis i beräkningstekniska orsaker men måste i en del fall ses mot bakgrunden av mera särpräglade klimatinflytelser inom de ifrågavarande naturgeografiska områdena.

Gran

Den i tab. 6, s. 36, redovisade årsringsindexserien för gran inom Norrland jämte Kopparbergs län återges grafiskt i fig. 14, varav framgår att serien vid sekelskiftet representeras av ett påfallande högt indexvärde, som ytterligare stegras under inflytande av den såväl för tallens som granens radietillväxt gynnsamma väderleken under 1901 års varma och torra sommar. Den ur tillväxtsynpunkt starkt ogynnsamma väderlekssituationen under vegetationsperioden sommaren 1902 resulterade i en med avseende på samtliga i undersökningsperioden ingående kalenderår rekordartat kraftig nedgång i årsringsindex, nämligen från 122,0 till 83,5 % eller med 38,5 %. Det närmast efterföljande kalenderåret inleder en serie om 11 år, kännetecknade av relativt små variationer i förhållande till årsringsindexseriens normalnivå. De fyra åren

1914—1917 uppvisa däremot indexvärden, som med mellan 5 och 10 % överstiga densamma. I fortsättningen får dock indexserien ett i stort sett starkare fluktuerande förlopp, varvid årsringsindex angiver, att vissa kalenderår, såsom 1919 och 1922, haft karaktär av gynnsamma, andra åter av ogynnsamma växtår. Till de senare kunna i första hand räknas åren 1928 och 1931,

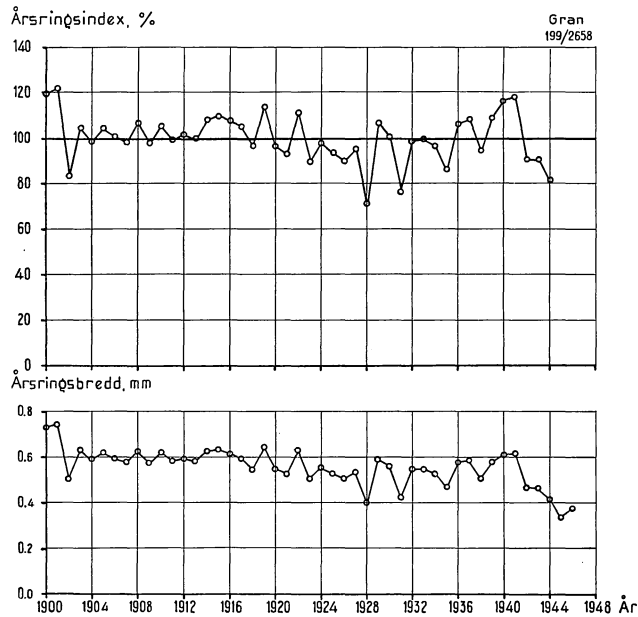


Fig. 14. Medelårsringsbredd (undre diagrammet) och årsringsindex (övre diagrammet) för hela undersökningsmaterialet av *gran* omfattande 199 st. provtytor med inalles 2 658 st. provträd.

Mean annual ring width (lower diagram) and annual ring index (upper diagram) for the whole of the *spruce* investigation material comprising 199 sample plots and a total of 2 658 sample trees.

under vilka årsringsindex undergår en minskning med 23,7 och 23,9 % respektive. För tallens del uppgick motsvarande minskningar till 17,9 och 21,0 %, varför de båda ifrågavarande åren för båda trädslagen ha karaktär av dåliga växtår. Åren 1932—1934 kunna däremot rubriceras som för granen i det närmaste normala växtår, enär då årsringsindex endast obetydligt understiger 100 %. Under år 1935 nedgår index, varefter detta, med undantag av en markerad nedgång under år 1938, företer en oavbruten stegring fram till år 1941, då årsringsindex uppnår ungefär samma höga nivå som vid sekelskiftet. De därpå följande tre kalenderåren fram till undersökningsperiodens slut karaktäriseras av en återgång mot låga indexvärden. Speciellt kraftig är därvid årsringsindex minskning under år 1942. Denna uppgår nämligen till 27,8 %

och är följaktligen starkare accentuerad än under de båda ogynnsamma växtåren 1928 och 1931, ehuru ej lika kraftig som under 1902, vilket kalenderår representerar den mest markerade nedgången i årsringsindex under hela undersökningsperioden.

Granens årsringsindexserie för Norrland jämte Kopparbergs län erbjuder goda jämförelsemöjligheter med dels NÄSLUNDS medelserie för Norra Sverige (NÄSLUND, 1942), dels de av förf. härledda årsringsindexserierna för norra och södra Finland enligt årsringsmaterial från den andra finska riksskogstaxeringen (EKLUND, 1944). Även i detta fallet bör framhållas, att årsringsindex beräknats på ej fullt analoga grunder beträffande utjämningsfunktion samt utjämningsperiodens längd och omfattning av tidsskalan. De olika serierna basera sig på följande antal provytor och provträd.

	Antal provytor	Antal provträd
Medelserien för Norrland jämte Kopparbergs län .	199 st.	2 658 st.
» » » enligt NÄSLUND.....	15 »	150 » ¹
» » södra Finland.....	—	370 »
» » norra »	—	213 »

Årsringsindexserien för Norrland jämte Kopparbergs län baserar sig följaktligen på ett avsevärt större årsringsmaterial än de tre övriga serierna. De 199 provytor, från vilka detsamma härrör, äro förhållandevis mycket väl fördelade över hela det ifrågavarande området, varför indexserien även för de enskilda kalenderåren torde lämna en förhållandevis god bild av det rådande medelklimatets återverkningar på granens radietillväxt. De av NÄSLUND undersökta 15 provytorerna i orörd gammal granskog voro relativt jämnt utplacerade över de fem nordligaste länen, medan däremot Kopparbergs län ej ingick i hans undersökningsmaterial. Dessa skillnader beträffande årsringsmateriallets omfattning och geografiska lokalisation bör man ha i minnet, då NÄSLUNDS indexserie jämföres med den för Norrland jämte Kopparbergs län. Årsringsmaterialen bakom de båda finska årsringsindexserierna äro ävenledes, då hänsyn tages till de betydande geografiska områden, som de representera, av jämförelsevis ringa omfattning. Till följd härav måste de enskilda kalenderårens indexvärden anses bestämda med något lägre grad av säkerhet än de för Norrland jämte Kopparbergs län.

Om de fyra årsringsindexserierna till en början jämföras med avseende på den inbördes samvariationen, erhållas vid olika kombinationer av områden korrelationskoefficienter enligt nedanstående sammanställning (tab. 8):

¹ Årsringsmätningen och indexbestämningen baserar sig på 2 borrhärdar från varje provträd, således 20 borrhärdar per provyta.

Tab. 8. Korrelationskoefficienter vid kombination av årsringsindexserier för gran enligt det svenska och finska årsringsmaterialet.

Correlation coefficients on combining the annual ring index series for pine on accordance with the Swedish and Finnish annual ring material.

Område Area	Norrländ Norrländ		Södra South	Norra North	Hela Whole of
	jämte Koppar- bergs län incl. Kop- parberg Province	enligt NÄSLUND according to NÄSLUND	Finland Finland		
	Korrelationskoefficient Correlation coefficient				
Norrländ jämte Kopparbergs län.... Norrländ incl. Kopparberg Province	—	0,829	0,295	0,512	0,466
Norrländ enligt NÄSLUND..... Norrländ according to NÄSLUND	0,829	—	0,396	0,733	0,655
Södra Finland..... South Finland	0,295	0,396	—	0,644	0,844
Norra Finland..... North Finland	0,512	0,733	0,644	—	0,921
Hela Finland Whole of Finland	0,466	0,655	0,844	0,921	—

Anm. Korrelationskoefficienten är genomgående positiv och statistiskt signifikant enligt *** samt avser jämförelser mellan årsringsindexserierna för tiden 1900—1936.

Note! The correlation coefficient is positive throughout and statistically significant according to *** and also relates to comparisons between the annual ring index series for the period 1900—1936.

Mellan de båda indexserierna för norra Sverige föreligger enligt tab. 8 relativt hög samvariation. Den är emellertid ej högre, än då tallens årsrings-indexserie för Norrländ jämte Kopparbergs län jämföras med serierna för tall inom södra och norra Finland. Fig. 15, i vilken de svenska och finska årsrings-indexserierna för gran markerats, utvisar att för en del kalenderår en betydande samstämmighet föreligger mellan serien för Norrländ jämte Kopparbergs län och NÄSLUNDS serie, medan såväl för vissa enskilda kalenderår som grupper av kalenderår en påtaglig brist på överensstämmelse gör sig gällande. De för tiden 1900—1910 genomgående högre indexvärden, som karaktärisera den förra serien, måste sannolikt sättas i samband med de olika tillvägagångssätt, som kommit till användning vid härledningen av årsringsindex. Dispersionen kring indexseriens normalnivå uppgår för årsringsindexserien för Norrländ jämte Kopparbergs län till 10,3 % mot 13,2 % för NÄSLUNDS serie, vilket antyder att den senare serien uppvisar något starkare variationer ifråga om årsringsindex. Då årsringsindexserierna för olika grupper av breddgrader jämföras inbördes (se s. 92), visar sig spridningen något öka med stigande breddgrad. Årsringsindex något starkare variation hos NÄSLUNDS serie i

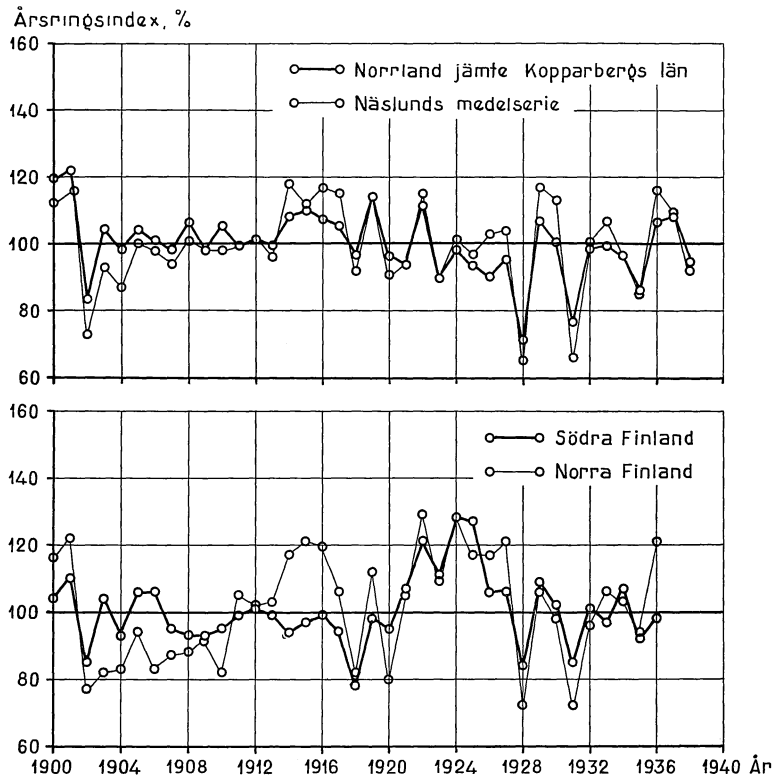


Fig. 15. Jämförelser mellan årsringsindexserier för *gran* inom norra Sverige enligt dels den föreliggande undersökningen (2 658 st. provträd, grova heldragna linjer) dels NÄSLUNDS medelserie (150 st. provträd, fina heldragna linjer), dels södra och norra Finland (undre diagrammet, 370 och 213 provträd, grova och fina heldragna linjer respektive).

Comparison between the annual ring index series for *spruce* in Northern Sweden both according to the present investigation (2 658 sample trees, thick full lines) and NÄSLUND's mean series (150 sample trees, thin full lines) and also Southern and Northern Finland (lower diagram, 370 and 213 sample trees, thick and thin full lines respectively).

förening med de i vissa fall föreliggande divergenserna, särskilt då inom tidskalans centrala delar, kunna följaktligen i viss utsträckning tolkas som ett belägg för att de ifrågakvarande båda indexserierna ej representera fullt analoga geografiska områden.

Med hänsynstagande till det förhållandevis ringa material, på vilket NÄSLUNDS serie är uppbyggd — 300 st. borrhärdor representerande inalles 150 träd från 15 provtytor inom ett så betydande område som de fem nordligaste länen — måste dock likheten mellan denna serie och den på ett ungefär nio gånger så stort årsringsmaterial baserade serien för Norrland jämt Kopparbergs län rubriceras som överraskande god.

Då de båda svenska indexserierna jämföras med serierna för södra och

norra Finland, kan man konstatera en påtagligt lägre samvariation än mellan tallens årsringsindexserier för ifrågavarande områden. Men även mellan granens indexserier för södra och norra Finland är korrelationen svagare än mellan tallens. Enligt fig. 15 råder en delvis markerad brist på överensstämmelse mellan de båda svenska och de finska materialens indexvärden. Visserligen ha de mera utpräglat dåliga växtåren, såsom 1902, 1928 och 1931, av granens årsringar inom norra Sverige och Finland registrerats på ett förhållandevis samstämmigt sätt, men under vissa tidsavsnitt föreligga anmärkningsvärda skillnader mellan indexserierna. Speciellt är detta fallet under tiden 1921—1927, som för norra Sverige representeras av en följd av jämförelsevis normala växtår, medan för såväl södra som norra Finland ett mycket markerat gynnsamt klimatinflytande präglar denna period. Skillnaderna bliva så mycket mera anmärkningsvärda, då detta avsnitt av tidsskalan berör indexseriernas centrala delar, inom vilka olikheterna beträffande tillvägagångssättet vid härledningen av årsringsindex göra sig mindre starkt gällande, än då jämförelsen avser tidsskalans flyglar.

Erfarenheterna från jämförelserna mellan de ovan behandlade indexserierna kunna sammanfattas på följande sätt: *Inom större geografiska områden förefaller växtklimatet under olika kalenderår att registreras på ett mera likformigt sätt av tallens än av granens årsringar.*

Kap. V. Tallens årsringsvariationer kontra granens

Vid jämförelse mellan de båda årsringsdiagrammen enligt fig. 12 för tall och fig. 14 för gran finner man, att tallens och granens årsringar under perioden 1900—1944 på ett i många fall slående olikartat sätt registrerat de olika kalenderårens karaktär av växtår. Speciellt iögonfallande är den tendens till oregelbunden storvågighet, som utmärker tallens årsringsindexserie i motsats till granens, vilken i stället karaktäriseras av mera markerade, korta och oregelbundna oscillationer kring normalnivån. Som särskilt anmärkningsvärda framstå skillnaderna med avseende på årsringsindex under tiden 1914—1925, för vilken samtliga kalenderår, med undantag av det nära nog normala växtåret 1917, karaktäriseras av ett över normalt klimatinflytande med en mycket markerad kulmination under 1920-talets förra hälft. Den för tallens årsringsbildning följaktligen så gynnsamma perioden 1914—1925 återfinnes däremot ej i granens årsringsindexserie. Denna uppvisar nämligen under det ifrågavarande tidsavsnittet i stället relativt oregelbundna växlingar på ömse sidor om normalnivån. De ifrågavarande 12 årens för tallens årsringsbildning mycket gynnsamma karaktär framstår i siffermässig belysning vid jämförelse mellan de i medeltal under denna tid föreliggande indexvärdena, som för tall uppgå till 116,6 % mot endast 102,1 % för gran.

Redan en flyktig jämförelse mellan tallens och granens årsringsindexserier leder till den slutsatsen, att samvariationen mellan dessa måste vara låg. Vid bestämning av korrelationskoefficienten erhålles också det förhållandevis låga och statistiskt ej signifikanta värdet $+0,279$. Den bristande överensstämmelsen mellan årsringsindexserierna skulle vid första påseendet antyda, att de båda trädslagens årsringsbildning sker under något olikartade betingelser beträffande väderleksförhållandena under den egentliga vegetationsperioden. Den markanta oregelbundna storvåghet, som karaktäriserar tallens årsringsindexserie men som ej återfinnes i granens, för emellertid tanken över på att årsringsbildningen ägt rum under inflytande av klimatiska sekundärverknningar (jfr s. 38—39), vilka därvid skulle gjort sig avsevärt starkare gällande vid tallens än vid granens årsringsbildning. Enligt HESSELMANS i det föregående berörda iakttagelser och slutsatser påverkar väderleken under en vegetationsperiod icke blott årsringsbildningen utan även anläggningen av de knoppar och barranlag, som utvecklas till skott och barr — under vissa förutsättningar även till blommor — under den efterföljande vegetationsperioden utan att därvid enligt ROMELL (1925) nämnvärt påverkas av väderleksförhållandena under densamma. Enär tallen inom norra Sverige normalt har 3—5 levande generationer barr mot 8—9 hos granen, bör därför en följd av år, under vilka klimatet haft ett gynnsamt inflytande på tillväxten, för det förra trädslaget del medföra förhållandevis större förändringar av kronans och därmed den assimilerande barrmassans storlek än för det senare. Den levande barrmassans storlek växlar därför mindre år från år hos granen än hos tallen. I anslutning härtill förtjänar framhållas, att flera forskare anse sig ha konstaterat, att de senast bildade generationerna barr äro mera funktionsdugliga än äldre barrårgångar och därför sannolikt mest aktivt deltaga i assimilationsprocesserna. Som HUSTICH i ett arbete över radietillväxtens variationer hos tallen i skogsgränsen (HUSTICH och ELFVING, 1944) framhåller, röner antagligen även årsringsbildningen ett visst inflytande av väderleken under den närmast föregående vegetationsperioden såtillvida, att då denna ur tillväxtskympunkt är gynnsam en del av den producerade mängden assimilat upplagras i trädens vävnader i form av reservnäring, som under den närmast följande vegetationsperioden kan tagas i anspråk och delvis ombildas till veds substans, varigenom årsringsbildningen indirekt stimuleras.

I det nyssnämnda arbetet har ELFVING angivit ett tillvägagångssätt att eliminera de klimatiska sekundärverknningarna, varigenom för ett visst kalenderår radietillväxtens av klimatet betingade komponent (y_t) kan beräknas. ELFVING utgår därvid från det antagandet, att den observerade radietillväxten under det aktuella kalenderåret (x_t) är sammansatt av tvenne komponenter, av vilka den ena är beroende av radietillväxten under det närmast föregående (x_{t-1}), medan den andra är ett uttryck för klimatinflytandet under det aktuella

kalenderåret, varvid radietillväxterna förutsättas vara uttryckta i form av avvikelser från den för n st. kalenderår uträknade genomsnittliga radietillväxten. Sambandet kan enligt ELFVING återges med följande formel:

$$x_t = a_r x_{t-1} + y_t \dots\dots\dots (12)$$

I formel 12 betecknar a_r en autoregressionskoefficient, som kan uppskattas enligt formeln:

$$a_r = \frac{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_2^n x_t x_{t-1}}{\frac{1}{n} \cdot \sum_1^n x_t^2} \dots\dots\dots (13)$$

Då årsringsindex (i , %) uträknats för vart och ett av n st. kalenderår, kan det ur räkneteknisk synpunkt vara fördelaktigt att i stället för att som i formlerna 12 och 13 räkna med avvikelser från medeltalet utgå från årsringsindexvärdena, varvid de ifrågavarande båda formlerna kunna skrivas:

$$i_t - \frac{\sum_1^n i}{n} = a_r \cdot \left[i_{t-1} - \frac{\sum_1^n i}{n} \right] + i_{tr} \dots\dots\dots (14)$$

$$\text{och } a_r = \frac{\frac{1}{n-1} \cdot \left[\sum_2^n i_t i_{t-1} + \frac{\sum_1^n i_t}{n} (i_1 + i_n) - \frac{\left(\sum_1^n i_t \right)^2}{n} \cdot \frac{n+1}{n} \right]}{\frac{1}{n} \cdot \left[\sum_1^n i_t^2 - \frac{\left(\sum_1^n i_t \right)^2}{n} \right]} \dots\dots\dots (15)$$

För att eliminera inflytelserna från den närmast föregående vegetationsperiodens karaktär av växtår och sålunda erhålla en vad man skulle kunna kalla »rensad» årsringsindexserie, bestämmer man först konstanten a_r enligt formel 15, varefter de rensade indexvärdena successivt uträknas med ledning av formel 14.

Om det ovan angivna tillvägagångssättet tillämpas på de för hela Norrland jämte Kopparbergs län föreliggande årsringsindexserierna, erhåller man för tallens del en rensad indexserie, som delvis mycket påtagligt avviker från primärserien, medan för granen elimineringen av de klimatiska sekundärverkingarna knappast medför någon effekt alls. *Tallens årsringsbildning synes följaktligen icke blott ske under direkt inflytande av väderleken under vegetationsperioden utan även vara till betydande del präglat av väderleksförhållandena under de närmast föregående vegetationsperioderna. Detta är däremot ej fallet för granen, för vilket trädslag väderleken under vegetationsperioden synes ha en dominerande effekt på årsringsbildningen.*

ELFVING's antagande innebär att serien x_t ej består av i statistisk mening av varandra oberoende observationer utan att värdena för närliggande kalenderår äro inbördes korrelerade; årsringsindexserien är med andra ord *autokorrelerad*. Man har därvid utgått från att serien alstras av en autoregressiv process av första ordningen, det vill säga att inflytandet på x_t från samtliga föregående observationer i serien uppfångas av det närmast föregående värdet x_{t-1} . För en närmare orientering över litteraturen om autokorrelerade serier hänvisas till R. L. ANDERSON (1954).

För att utröna huruvida ett autoregressivt schema av högre ordning skulle bättre återgiva seriens variationer, ha på regressionsanalytisk väg funktioner härletts, i vilka det aktuella kalenderårets index (i_t) ingått som beroende och de respektive 2, 3 och 4 närmast bakåt i tiden liggande kalenderårens indexvärden, således i_{t-1} , i_{t-2} , i_{t-4} som oberoende variabler. På grafisk väg har konstaterats, att sambandet mellan de olika variablerna därvid kan betraktas som linjärt. Eftersom regressionskoefficienterna i de härledda funktionerna tilldraga sig jämförelsevis underordnat intresse i detta sammanhang, anges i tab. 9 endast de koefficienter, som redovisa den multipla autokorrelationen mellan den beroende och de oberoende variablerna, dels då regressionen i varje enskilt fall baserats på största möjliga avsnitt av årsringsindexserien, dels då samma avsnitt av serien utnyttjats för samtliga regressioner.

Enligt tab. 9 föreligger för tallens del ett starkt positivt samband, vilket för övrigt visar sig vara statistiskt säkerställt enligt*** (jfr ANDERSON, T. W., 1948), mellan årsringsindex för två på varandra följande kalenderår. Så är däremot ej fallet för granen, för vilket trädslag man ej kan spåra något signifikant samband med de föregående årens radietillväxt, även om man utsträcker jämförelsen till att omfatta de fyra sista årens index. Tab. 9 utvisar

Tab. 9. Autokorrelationen hos tallens och granens årsringsindexserier för Norrland jämte Kopparbergs län.

Auto-correlation in the annual ring index series for pine and spruce for Norrland and Kopparberg Province.

Korrelation mellan i_t och The correlation relates to i_t and	Antal år No. of years	Multipelkorrelations- koefficient Multiple correlation coefficient		Antal år No. of years	Multipelkorrelations- koefficient Multiple correlation coefficient	
		tall pine	gran spruce		tall pine	gran spruce
i_{t-1}	44	0,650 ***	0,089	41	0,688 ***	0,111
i_{t-1} , i_{t-2}	43	0,688 ***	0,004	41	0,716 ***	0,121
i_{t-1} i_{t-3}	42	0,734 ***	0,222	41	0,735 ***	0,210
i_{t-1} i_{t-4}	41	0,736 ***	0,211	41	0,736 ***	0,211

även, att den multipla korrelationskoefficienten tenderar att något öka, allt eftersom ytterligare variabler kopplas till. Emellertid är denna tendens till ökning till stor del skenbar, enär den delvis förorsakas av det successivt minskade antalet frihetsgrader, som ligga till grund för bestämningen av spridningen kring de olika utjämningsfunktionerna och därmed även bestämningen av de multipla korrelationskoefficienterna.

De utförda korrelationsräkningarna lämna följaktligen ett mycket gott stöd åt den av HUSTICH och ELFVING uppställda hypotesen, som definierats i formel 12 (14) och enligt vilken årsringsbreddens klimatiskt betingade variation hos tallen främst betingas av väderleken under den vegetationsperiod, då årsringen bildas, men även röner visst inflytande av väderleksförhållandena under de närmast föregående vegetationsperioderna. Hos granen synes däremot årsringsbildningen ske utan nämnvärt inflytande från väderleken under det (de) närmast föregående kalenderåret (-åren).

Vid bestämning av konstanten a_r enligt endera av formlerna 13 eller 15 erhåller man för tall ett så högt värde som 0,667 men för gran däremot ett så lågt som endast 0,083, vilka siffror väl illustrera hur beroende tallens och hur oberoende granens årsringsbildning är av det närmast föregående kalenderårets karaktär av växtår.

Vid härledningen av regressionskonstanterna i de olika funktioner, för vilka de i tab. 9 redovisade korrelationskoefficienterna uträknats, har i de fall, då funktionen endast avser sambandet mellan årsringsindex för två på varandra följande kalenderår (således i_{t-1} och i_t), allt eftersom jämförelsen avser 41, 42, 43 eller 44 kalenderår, erhållits ett värde på konstanten framför den oberoende variabeln i_{t-1} , som i nämnd ordning utgör 0,686, 0,685, 0,645 och 0,650 eller i medeltal 0,667 d. v. s., samma värde som konstanten a_h uppgår till vid uträkning enligt formel 13 eller 15. Såväl den förra som den senare konstanten anger därvid den ändring, som årsringsindex för ett kalenderår i genomsnitt undergår till följd av klimatiska sekundärverkningar från närmast föregående. Konstanten a_h , som har karaktär av närmevärde, torde på grund härav för en årsringsindexserie om inalles n st. värden något enklare kunna beräknas enligt följande uttryck:

$$a_h = \frac{(n-1) \cdot \sum_2^n i_t i_{t-1} - \sum_2^n i_t \cdot \sum_1^{n-1} i_{t-1}}{(n-1) \cdot \sum_2^n i_t^2 - \left(\sum_2^n i_t \right)^2} \dots \dots \dots (16)$$

Då tallens årsringsindexserie i enlighet med det ovan beskrivna tillvägagångssättet (jfr s. 50) korrigerats med avseende på autoregressionens inflytande, förändras den på ett högst anmärkningsvärt sätt, vilket framgår av fig. 16. Den starkt iögonfallande oregelbundna storvågighet, som präglar den primära

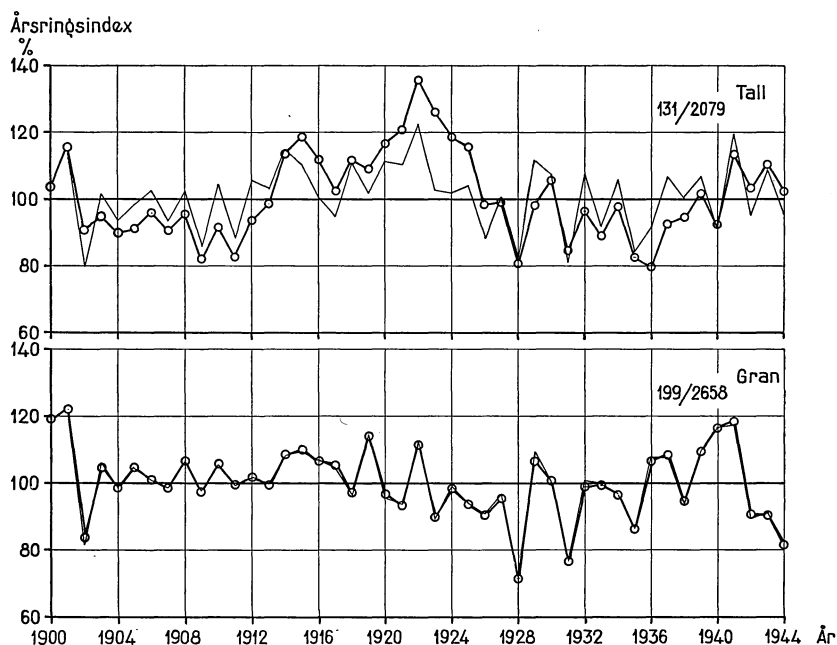


Fig. 16. Den ursprungliga årsringsindexserien (grova, heldragna linjer) och för autokorrelation från det närmast föregående kalenderårets årsringsindex »rensade» årsringsindexserien (fina, heldragna linjer). Det övre diagrammet avser tall, det undre gran. Talet till vänster om snedstreckat betecknar antalet provvotr, det till höger därom antalet provträdd. Elimineringen av autokorrelationen medför en mycket påtaglig omgestaltning av tallens årsringsindexserie, medan granens knappast alls ändras.

The original annual ring index series (thick full lines) and the annual ring index adjusted for autocorrelation from the immediately preceding calendar year's annual ring index (thin full lines). The upper diagram relates to pine and the lower one to spruce. The figure on the left of the stroke denotes the number of sample plots and that on the right the number of sample trees. The elimination of auto-correlation is accompanied by a very obvious transformation of the annual ring index series for pine, whereas that for spruce is scarcely affected at all.

årsringsindexserien dämpas nämligen avsevärt. Särskilt gäller detta den följd av klimatiskt synnerligen gynnsamma växtår, som karaktäriserar 1920-talets förra hälft. En jämförelse med den rensade årsringsindexserien för gran, som däremot knappast alls förändras genom korrektion för autokorrelation, leder till det uppseendeväckande resultatet, att de båda rensade indexserierna på ett delvis mycket slående sätt överensstämmer med varandra. Särskilt påtagliga äro därvid likheterna med avseende på tiden 1900—1917 och 1926—1935. Som speciellt anmärkningsvärt framstår därvid den vackra överensstämmelsen under åren 1927—1932.

Den starkt ökade överensstämmelsen mellan tallens och granens årsringsindexserier framgår för övrigt av korrelationskoefficienten, som från att ha

utgjort $+0,279$, då primärserierna jämföras med avseende på tiden 1901—1944, stegras till $+0,581^{***}$, vilket innebär att samvariationen mellan de rensade indexserierna från att ej ha varit statistiskt säkerställd blir starkt signifikant. Korrektionen för autoregression medför samtidigt för tallen en påtaglig minskning av indexvärdenas dispersion. Då denna uträknas med avseende på det nyssnämnda tidsavsnittet, erhåller man för primärserien ett värde av $13,2\%$ mot $10,0\%$ för den rensade. Dispersionen bli i detta fallet något lägre än den för granen, som för såväl primärserien som den rensade indexserien uppgår till $10,5\%$.

Om man för tall undersöker autokorrelationen inom den rensade årsrings-indexserien, visar sig korrelationskoefficienten uppgå till $-0,133$, varför en svag tendens till negativt samband nu föreligger mellan årsringsindex för det aktuella och närmast föregående kalenderåret, men detta samband är ej statistiskt signifikant. Den utförda rensningen av den ursprungliga årsrings-indexserien har därför effektivt eliminerat det autokorrelativa inflytandet.

Då tallens årsringsindexserie korrigeras för inflytandet genom autokorrelation (jfr tab. 6, s. 36), går som nämnts en del av densammas utpräglade storvågighet förlorad. Det förefaller därför sannolikt, att den starka autokorrelationen, som utmärker tallens årsringsbildning, bidrager till att indicera en viss vågighet i årsringsserien, vilken ej har sin motsvarighet i en klimatisk periodicitet i egentlig mening. Enligt på jämförelsevis begränsat årsringsmaterial av bland andra BOMAN (1927), ERLANDSSON (1936), ORDING (1941) och MIKOLA (1950) utförda periodanalyser skulle en klimatisk periodicitet med perioder av flera olika amplitudlängder kunna spåras i nordiskt årsringsmaterial av tall. I de förhållandevis få fall, som årsringsserier för gran varit föremål för periodstudier (t. ex. ORDING, 1941, s. 231 och MIKOLA, 1950, s. 105), har däremot någon mera framträdande periodicitet ej med säkerhet kunnat påvisas. Det årsringsmaterial, som stått till förfogande för den föreliggande undersökningen, omfattar ett alltför begränsat avsnitt av tidskalan, nämligen endast 45 år, för att kunna utnyttjas för periodanalyser. Till dess sådana kunna genomföras på ett för ändamålet lämpat undersökningsmaterial, bör den tidigare i tallens årsringsserier spårade periodiciteten betraktas med viss reservation. Man kan nämligen annars lätt riskera att sammanblanda en av klimatet som sådant förorsakad periodicitet med den skenbara periodicitet, som har sin grund i den starka autokorrelation, vilken präglar tallens årsringsbildning [SLUTSKY (1937) och DODD (1939)].

Enär tallens årsringsbildning i betydande grad men granens däremot knappast alls sker under inflytande av klimatiska sekundärverkningar från den närmast föregående vegetationsperioden, ligger det nära till hands att betrakta detta som ett utslag av de olikheter, som enligt det föregående föreligger med avseende på den assimilerande barrmassans omsättningshastig-

het hos tall och gran. Med hänsyn till att tallen inom norra Sverige normalt har 3—5 samtidigt levande barrgenerationer, mot 8—9 för granen, och nybildningen av barrmassan sker under inflytande av väderleken under den vegetationsperiod, då barranlagen utvecklas, leder ett par år i följd av för tillväxten gynnsam väderlek till en avsevärd snabbare förstoring av tallens än av granens assimilationsapparat. Det markerade samband, som till följd av autokorrelation föreligger mellan årsringsbildningen under två på varandra följande kalenderår, skulle antyda, att den barrgeneration, som utvecklas ungefär samtidigt med att årsringsbildningen på allvar kommer i gång under vegetationsperioden, mest aktivt deltar i assimilationsarbetet. KOLMODIN (1923, s. 24) anser sig ha konstaterat, att för tallen »variationerna i tillväxten äro huvudsakligen beroende på värmestillförseln under högsommaren (ca 10/6—29/7)». Enligt vad som observerats på borkkärnmaterialet från produktionsundersökningen i orörd skog, förefaller det emellertid som om assimilationsarbetet först sätter in på allvar vid en något senare tidpunkt, än den KOLMODIN anger.

Kap. VI. Kottillgång och årsringsindex

I samband med de i ett föregående avsnitt behandlade klimatiska sekundärverkningarna, som kunna antagas indirekt influera på tallens och granens årsringsbildning, har framhållits, att — som EIDE (1926) velat göra gällande — en riklig blomning och kottsättning hos tall och gran stundom kan bli så assimilatkrävande, att tillväxten som en följd härav temporärt nedgår. Det är därför av ett visst intresse att söka konstatera, om något mera påtagligt samband kan spåras mellan årsringsindex och kottillgång. Med hänsyn till att blommornas utveckling till mogna kottar hos tallen är en 2-årig, hos granen däremot en 1-årig process, och att årsringsbildningen hos det förra trädslaget sker under mycket utpräglad autokorrelation från det närmast föregående årets tillväxt, lämpar sig det senare trädslaget bäst för en analys ur den ifrågasvarande aspekten. Genom TIRÉNS undersökningar ha vissa betingelser för granens kottsättning blivit belysta (TIRÉN, 1935). TIRÉNS arbete baserar sig på det omfattande rapportmaterial, som årligen insänts till skogsforskningsinstitutet från landets kronojägare och — under en följd av år — även från länskogvaktarna. Beträffande rapportsystemets utformning och de förändringar detta under årens lopp undergått hänvisas till det ifrågasvarande arbetet. I detta sammanhang erinras dock om att rapporterna grunda sig på okulära graderingar av kottillgången i enlighet med en femgradig skala. Från och med hösten 1910 till och med år 1934, således under huvudparten av den för

bestämning av årsringsindex använda perioden, tillämpades därvid följande skala:

- 0 = ingen tillgång;
- 1 = ringa eller medelmåttig tillgång hos fristående träd;
- 2 = ringa—riklig tillgång hos fristående träd och samtidigt ringa tillgång i bestånden;
- 3 = medelmåttig—riklig tillgång hos fristående träd och samtidigt medelmåttig tillgång i bestånden;
- 4 = riklig tillgång hos fristående träd.

Från och med år 1935 har kotttillgången i stället angivits enligt nedanstående skala:

0	1	2	3	4
Ingen	Dålig	Mindre god	God	Riklig

Med ledning av det föreliggande rapportmaterialet har TIRÉN (1935, s. 448) fastställt »medelvärdena av kotttillgången för de tre landsdelarna, norra, mellersta och södra Sverige från 1895—1933», varvid i anslutning till de använda skalorna kotttillgången uttryckts som ett tal, vilket vi i fortsättningen benämna *kottpoäng*. För det nu föreliggande ändamålet har för varje kalenderår ett aritmetiskt medeltal uträknats av kotttillgången inom norra och mellersta Sverige, varvid erhållits poängvärden, som approximativt återgiva kotttillgången inom Norrland jämte Kopparbergs län. Med avseende på åren 1934—1944 har poängserien kompletterats med ännu ej publicerade medeltal, som professor TIRÉN ställt till förfogande.

Som TIRÉN framhåller, »kunna en mängd exempel anföras, som berättiga till misstanken att betydande ojämnheter i noggrannheten och tillförlitligheten hos rapporterna äro tillfinnandes. Hur än därmed må förhålla sig, är det emellertid klart, att materialet innehåller upplysningar av värde,» (TIRÉN, 1935, s. 442).

De olika graderna av den nyssnämnda skalan kunna karaktäriseras som grova ramar, inom vilka iakttagelserna över kotttillgången registreras. De få på grund härav endast tolkas som mycket approximativa uttryck för den faktiska kottmängden. Särskilt gäller detta graden »riklig», som ju representeras av »vikten» 4, mot 2 för graden »mindre god». En på objektiva grunder utförd noggrann bestämning av den faktiska kottmängden skulle sannolikt leda fram till en högre »vikts»-relation vid »riklig» kottförekomst. Som vi emellertid i fortsättningen skola finna, ha de approximativa bestämningarna av kotttillgången visat sig vara i viss mån värdefulla för att belysa sambandet mellan årsringsindex och kotttillgång hos gran.

Tabell 10. Tillgången på 2-årig tall- och 1-årig grankott inom Norrland jämte Kopparbergs län under tiden 1900—1944.

Yield of 2-year pine- and 1-year spruce cones in Norrland and Kopparberg Province during the period 1900—1944.

	K a l e n d e r å r Calendar year									
	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909
Tillgång på 2-årig tallkott, poäng..... Yield of 2-year pinecones, points	1,49	1,06	0,98	2,14	1,00	1,18	1,12	1,12	1,59	0,98
Tillgång på 1-årig grankott, » Yield of 1-year sprucecones, points	2,15	0,70	2,00	0,60	1,25	1,15	1,45	1,65	0,95	1,20
	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919
Tillgång på 2-årig tallkott, poäng..... » » 1- » grankott, »	1,29 2,00	0,72 1,50	1,23 1,40	2,58 3,25	2,32 1,45	2,04 2,60	2,14 1,20	1,87 2,45	2,03 0,90	3,08 1,45
	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929
Tillgång på 2-årig tallkott, poäng..... » » 1- » grankott, »	2,00 1,35	1,89 3,40	2,01 1,00	2,32 1,20	2,11 1,90	1,77 2,75	2,39 1,65	2,03 1,85	1,95 2,60	1,67 0,45
	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939
Tillgång på 2-årig tallkott, poäng..... » » 1- » grankott, »	1,39 1,00	1,72 3,80	3,17 0,55	1,50 1,30	2,06 2,73	1,82 0,42	2,58 1,32	1,33 1,64	1,93 1,10	3,16 0,56
	1940	1941	1942	1943	1944	—	—	—	—	—
Tillgång på 2-årig tallkott, poäng..... » » 1- » grankott, »	1,96 0,72	1,78 0,69	1,80 3,19	1,82 0,66	2,18 1,49	—	—	—	—	—

De för korrelationsräkningarna använda medelvärdena på kotttillgången för tall och gran redovisas i tab. 10 jämte fig. 17 och 18. För det förra trädslaget upptager tabellen kottpoäng, som för tiden 1913—1933 ställts till förfogande av TIRÉN, medan för åren 1900—1912 medelvärden uträknats med utgångspunkt från primäruppgifterna, d. v. s. jägmästarnas och kronojägarnas rapporter, och för tiden 1934—1944 med ledning av skogsforskningsinstitutets årliga redogörelser över skogsträdens fruktsättning.

Om vi som första orientering bestämma korrelationskoefficienten mellan kotttillgången enligt tab. 10 och årsringsindexserien för gran inom hela Norrland jämte Kopparbergs län enligt tab. 6 s. 36, erhåller man, allt eftersom kotttillgången under perioden 1903—1944 kombineras med alternativt årsringsindex för det aktuella kalenderåret, det närmast föregående samt det därförut infallande kalenderåret, korrelationskoefficienter i enlighet med nedanstående sammanställning. Denna upptager även korrelationskoefficienterna mellan kotttillgång och den rensade årsringsindexserien (jfr tab. 11, s. 62) vid samma kombinationer av serier som i förra fallet.

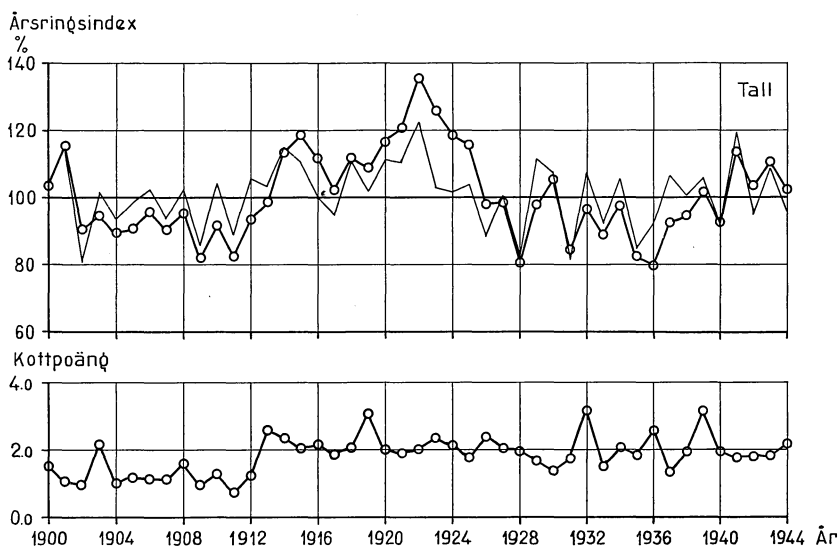


Fig. 17. Det övre diagrammet illustrerar den ursprungliga och för autokorrelation »rensade» årsringsindexserien för *tall* (de grövre och de finare heldragna linjerna respektive), medan det undre återger variationerna i kotttillgång under tiden 1900—1944.

The upper diagram illustrates the original annual ring index series for *pine* and the index series adjusted for auto-correlation (the thick and thin full lines respectively), while the lower diagram reproduces the variations in the cone yield during the period 1900—1944.

Årsringsindex enligt:

Korrelationskoefficient vid kombination av kotttillgången för perioden 1903—1944 och årsringsindex för perioden:

	1903—1944	1902—1943	1901—1944
Den ursprungliga serien.....	— 0,390**	+ 0,225	+ 0,084
Den rensade serien.....	— 0,410**	+ 0,216	+ 0,109

Anledningen till att kotttillgången endast avser perioden 1903—1944 och ej hela basperioden för bestämningen av årsringsindex är, dels att något rensat årsringsindex ej kunnat fastställas för år 1900, när årsringsobservationer ej föreligga för närmast föregående kalenderår, dels att jämförelsen ansetts genomgående böra baseras på samma antal kalenderår, d. v. s. 42 st.

Sammanställningen utvisar, att nära nog samma korrelationskoefficienter erhållas, vare sig korrelationsräkningarna avse den ursprungliga eller den rensade årsringsindexserien, vilket givetvis är en följd av den hos gran svaga autokorrelationen mellan årsringsindex för två på varandra följande kalenderår.

Av speciellt intresse är, att ett statistiskt väl säkerställt (**) *negativt* samband konstaterats föreligga mellan kotttillgång och årsringsindex under samma kalenderår. *Följaktligen verkar en riklig kotttillgång hos gran sänkande på årsringsindex*, vilket ger belägg för EIDES (1926, s. 93) uppfattning, att en riklig kottsättning kan verka hämmande på diametertillväxten.

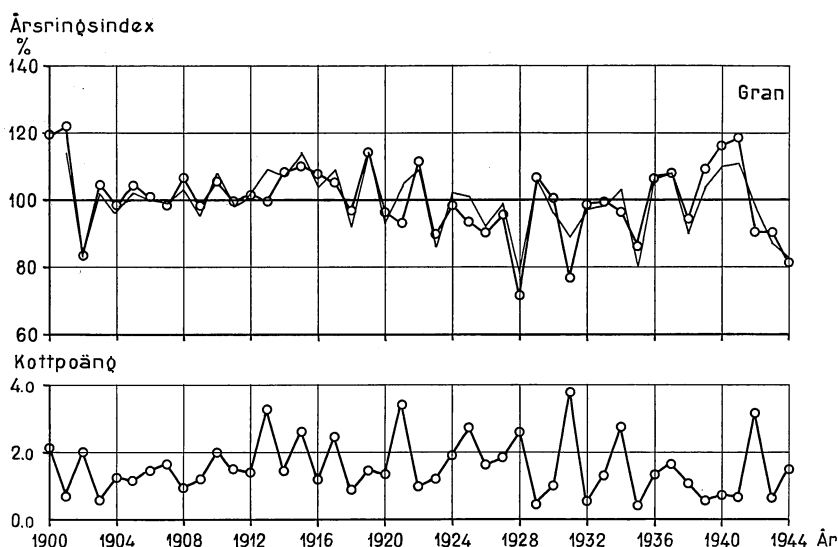


Fig. 18. Det övre diagrammet illustrerar den ursprungliga och för såväl autokorrelation som kotttillgång »rensade» årsringsindexserien för *gran* (de grövre och de finare heldragna linjerna respektive), medan det undre återger variationerna i kotttillgång under tiden 1900—1944.

The upper diagram illustrates the original annual ring index series for *spruce* and the index series adjusted for auto-correlation (the thick and thin full lines respectively), while the lower diagram reproduces the variations in the cone yield during the period 1900—1944.

Vid fasförskjutning av årsringsindexserien ett år bakåt i tiden i förhållande till serien för kotttillgången erhåller man en svag positiv korrelation. Korrelationskoefficienten är emellertid låg och har ett sannolikhetsvärde något överstigande 0,1, varför samvariationen mycket väl kan vara slumpmässigt betingad. Enär i föreliggande fall årsringsindex i viss utsträckning återspeglar de under den närmast föregående vegetationsperioden rådande väderleksförhållandena, skulle den konstaterade, om också jämförelsevis svaga, korrelationen kunna tolkas som ett incitament på att ett gynnsamt väderleksinflytande befordrar anläggningen av de blomknoppar, som under närmast efterföljande år till större delen utvecklas till kottar. Däremot synes av den mycket låga korrelationskoefficienten att döma kottskördens storlek ej nämnvärt vara beroende av årsringsindex för det kalenderår, som föregår knopp-anläggningsåret.

För att orienteringsvis utröna den samlade effekt som kotttillgången under både det aktuella (k_t , poäng) och det närmast föregående kalenderåret (k_{t-1} , poäng) utövar på granens årsringsindex (i_t , %), har genom regressionsanalytisk bearbetning av observationsserierna för årsringsindex och kottpoäng med avseende på tidsavsnittet 1901—1944 följande funktion härletts.

$$i_t = 110,78 - 5,6936 \times k_t - 1,4192 \times k_{t-1} \dots \dots \dots (17)$$

Funktionen ger vid handen, att såväl kotttillgången under det aktuella som under det närmast föregående kalenderåret har en sänkande effekt på årsringsindex, särskilt på den förra. För att pröva regressionskoefficienternas statistiska signifikans har kvoten mellan koefficienterna och dessas medelfel uträknats, varvid för koefficienten framför variabeln k_t erhöles värdet $t=3,167^{**}$ och för koefficienten framför variabeln k_{t-1} $t=0,794$. FISHERS t -prov anger således, att kotttillgången under det år, då årsringen bildas, med jämförelsevis hög statistisk signifikans återverkar på årsringsindex. Kotttillgången under det närmast föregående kalenderåret utövar däremot att döma av det partiella samband, som uppkommer då variabeln k_t i funktion 17 representeras av sitt genomsnittsvärde, ej något tillförlitligt inflytande på det aktuella kalenderårets index.

Av ett visst intresse i detta sammanhang är, att en *negativ* autokorrelation av styrkan 0,290* konstaterats föreligga vid ettårig fasförskjutning av serien för kottpoängen, så att kotttillgången för det aktuella kalenderåret kombineras med kotttillgången under det närmast föregående. En riklig tillgång på kott verkar följaktligen sänkande på det efterföljande kalenderårets kottskörd. Detta kan sannolikt tolkas som ett utslag för den av TIRÉN (1935) beskrivna knoppreduktionen hos gran, som medför att den norrländska grantypen »icke kan blomma mycket rikt två år i följd» och »att under år, som på grund av föregående sommars höga värme kunna väntas övervägande bli rika kottår, har en rik kotttillgång under något av de två åren före kottåret och i all synnerhet under året närmast före kottåret en utpräglat nedtryckande effekt på kottårets riklighet».

För att kunna genomföra en approximativ korrektion av årsringsindex med hänsyn till kotttillgången behöver man enligt det föregående endast räkna med det inflytande, som härrör från det aktuella kalenderåret. Med hänsyn till att eliminering av den svaga autokorrelationen för en del kalenderår medför en viss ändring av årsringsindex, har för korrektion av årsringsindex (i_t , %) med hänsyn till såväl årsringsindex under närmast föregående kalenderår (i_{t-1} , %) som kotttillgången under det aktuella kalenderåret (k_t , poäng) följande funktion härletts:

$$i_t = 90,97 + 0,17465 \times i_{t-1} - 5,6805 \times k_t \dots\dots\dots (18)$$

Medelfelet på regressionskoefficienten framför variabeln i_{t-1} uppgår till $\pm 0,140$ och på koefficienten framför den andra oberoende variabeln till $\pm 1,732$. Kvoten mellan regressionskoefficienterna och deras medelfel utgör 1,244 och 3,279 respektive. Vid t -prov visar sig, i enlighet med vad som tidigare konstaterats, årsringsindex för det närmast föregående kalenderåret med endast svag signifikans (sannolikhetsvärdet uppgår till 0,2 à 0,3) påverka årsringsindex för det aktuella kalenderåret, som däremot med stark statistisk

signifikans är beroende av kottillgången under detsamma. Vid korrigering av granens årsringsindex är det följaktligen tämligen onödigt att taga hänsyn till den svaga autokorrelationen mellan det aktuella och närmast föregående kalenderårets index. Så har emellertid i detta sammanhang skett närmast med tanke på att illustrera tillvägagångssättet vid samtidig »rensning» av det ursprungliga indexvärdet (i_t , %) för inflytandet av både det föregående kalenderårets index och kottillgången för det aktuella. Genom utvidgning av formel 14 (jfr s. 50) kan det för såväl autokorrelation som kottillgång rensade årsringsindexvärdet (i_{trk} , %) beräknas enligt:

$$i_{trk} = i_t - a_r \times \left(i_{t-1} - \frac{\sum i}{n} \right) - b_k \times \left(\frac{\sum k}{n} - k_t \right) \dots \dots \dots (19)$$

Då konstanterna a_r och b_k i formel 19 återgiva den genomsnittliga ändring, som det ursprungliga årsringsindex undergår vid ändring av såväl årsringsindex för det närmast föregående som kottillgången för det aktuella kalenderåret, kunna deras numeriska värden bestämmas enligt funktion 18. Anledningen till att variabeln i_{t-1} inom den första parentesen efter likhetstecknet i formeln står först men variabeln k_t inom den efterföljande parentesen sist, är att den förra variabeln enligt funktion 18 har positivt, den senare negativt förtecken. Vid uträkning av de för såväl autokorrelation som kottillgång rensade årsringsindex ha värden erhållits i enlighet med tab. 11. *Dessa värden äro emellertid av approximativ natur och framläggas därför utan anspråk på någon större noggrannhet* mera som en orientering över hur de klimatiska sekundärverkningarna, främst då kottillgången, återverka på årsringsbreddens klimatiskt betingade variation hos granen.

Fig. 18 (s. 59) illustrerar såväl den ursprungliga årsringsindexserien för gran som den från autokorrelation och kottillgång rensade samt dessutom kottpoängen för olika kalenderår. Till följd av de ringa förändringar den ursprungliga årsringsindexserien undergår genom rensning enbart för autokorrelation, har den härvid erhållna indexserien ej inritats i diagrammet, enär de orensade och rensade indexserierna nära nog helt sammanfalla. Fig. 18 angiver mycket åskådligt, hur starkt kottillgången påverkar de ursprungliga indexvärdena, varvid en riklig kottillgång verkar sänkande, en ringa däremot höjande på densamma. De mera utpräglade goda och dåliga kottåren medföra därvid rätt avsevärda ändringar av de ursprungliga indexvärdena. Sammanfattningsvis kan därför sägas att *granens årsringsvariationer främst präglas av väderleksförhållandena under vegetationsperioden, men dessutom i ej obetydlig omfattning röna inflytande av sekundära klimatverkningar, sannolikt främst i form av den år från år varierande kottillgången, som i sin tur till betydande del har en klimatiskt betingad bakgrund.*

Tabell II. Ursprungliga och »rensade» årsringsindexserier.

Original and adjusted annual ring index series.

Å r Year	T a l l P i n e		G r a n S p r u c e		
	Ursprung- ligt ¹ Original ¹	Från auto- korrelation rensatsat Adjusted from autocorrelation	Ursprung- ligt ¹ Original ¹	Från auto- korrelation From auto- correlation	Från auto- korrelation och kott- tillgång From auto- correlation and cone yield
				r e n s a t a d j u s t e d	
				å r s r i n g s i n d e x , p r o c e n t Annual ring index, per cent	
1900	103,6	—	119,6	—	—
1901	115,5	113,6	122,0	120,4	114
1902	90,6	80,8	83,5	81,7	82
1903	94,6	101,4	104,6	106,0	102
1904	89,5	93,6	98,7	98,3	96
1905	90,8	98,3	104,2	104,3	102
1906	95,8	102,4	101,0	100,7	100
1907	90,3	93,6	98,3	98,2	99
1908	95,2	102,2	106,6	106,7	103
1909	82,0	85,7	98,1	97,6	95
1910	91,6	104,1	105,4	105,6	108
1911	82,4	88,5	99,4	99,0	98
1912	93,4	105,6	101,6	101,7	101
1913	98,2	103,1	99,8	99,7	109
1914	113,2	114,9	108,1	108,1	107
1915	118,5	110,3	110,0	109,3	114
1916	111,9	100,1	107,6	106,8	104
1917	102,2	94,8	105,1	104,5	109
1918	111,6	110,7	96,9	96,5	92
1919	109,0	101,8	114,0	114,3	114
1920	116,6	111,1	96,6	95,5	93
1921	120,7	110,2	93,2	93,5	104
1922	135,5	122,3	111,5	112,1	109
1923	126,0	102,9	89,9	89,0	86
1924	118,4	101,6	98,2	99,0	102
1925	115,7	104,0	93,8	94,0	101
1926	98,1	88,2	90,2	90,7	92
1927	98,6	100,4	95,3	96,1	99
1928	80,7	82,2	71,6	72,0	78
1929	98,0	111,4	106,9	109,3	106
1930	105,5	107,4	100,8	100,2	96
1931	84,5	81,4	76,9	76,8	89
1932	96,4	107,2	98,9	100,8	97
1933	89,0	91,9	99,3	99,4	98
1934	97,8	105,6	96,6	96,7	103
1935	82,4	84,4	86,1	86,4	80
1936	79,7	91,9	106,4	107,6	107
1937	92,6	106,6	108,2	107,7	108
1938	94,8	100,3	94,5	93,8	90
1939	101,8	105,8	109,1	109,6	104
1940	92,3	91,6	116,2	115,5	110
1941	113,6	119,2	118,6	117,3	111
1942	103,6	95,1	90,8	89,3	97
1943	110,6	108,7	90,2	91,0	87
1944	102,3	95,8	81,6	82,4	83

¹ Standardserien för Norrland jämte Kopparbergs län.¹ Standardserie for Norrland and Kopparberg Province.

För *tall* har likaledes på regressionsanalytisk väg kotttillgången och dess samband med icke blott årsringsindex för det aktuella utan även för de närmast föregående kalenderåren liksom även kotttillgången under dessa undersökts från flera olika utgångslägen, ehuru med klen utbyte. Genomgående ha nämligen blott svaga samband av låg statistisk signifikans erhållits. Det är tänkbart, att detta i viss utsträckning måste tillskrivas det förhållandet, att kotttillgången hos tallen varierar inom snävare gränser än hos granen. Enligt fig. 17 och 18 präglas nämligen kottpoängserien för det senare trädslaget av starkare oscillationer än det förra, som således karaktäriseras av en i stort sett jämnare kottproduktion. För de 45 i undersökningsperioden ingående kalenderåren har sålunda kotttillgången — mätt i kottpoäng — i medeltal uppgått till för *tall* 1,83 och för *gran* 1,57. De båda seriernas dispersion utgjorde därvid 0,57 och 0,85 poäng respektive, vilket svarar mot en variationskoefficient av 31,4 och 54,0 %. Härtill kommer den betydande osäkerhet, med vilken kottpoängen måste anses ha blivit bestämd. Av observationstekniska skäl är denna osäkerhet sannolikt större för tallens än för granens poängserie. På grund härav har det ansetts motiverat att avstå från att dels återge de erhållna regressionsuttrycken, dels korrigera tallens årsringsindexserie med hänsyn till kotttillgången, om också en sådan korrektion i princip kunnat genomföras på analogt sätt som för *gran*.

Det är möjligt, att en på säkrare observationer grundad bestämning av den faktiska kotttillgången under olika år, t. ex. om man kunnat registrera den årliga kottskörden hos de träd, som ligga till grund för årsringsindexserierna, hade kunnat tillföra oss värdefulla synpunkter på sambandet mellan kotttillgång och årsringsbildning. De nu vunna erfarenheterna kunna därför endast betraktas som en första orientering inom ett synbarligen komplicerat problemkomplex. Då man avser att klarlägga den kausala bakgrunden till tallens och granens klimatiskt betingade årsringsvariationer, måste emellertid kotttillgångens inflytande ägnas avsevärt större uppmärksamhet. I de fall man endast åsyftar att använda årsringsindex för att korrigera vid olika tillfällen konstaterade tillväxtbelopp till att avse ett mera normalt klimatläge, böra korrekctionerna lämpligen grundas på de ursprungliga, från klimatiska sekundärverknningar ej rensade, årsringsindexserierna.

De sekundära klimatverkningsarnas roll vid årsringsbildningen kunna vi nu i avvaktan på mera djupgående undersökningar formulera på följande sätt:

Medan granens årsringsvariationer främst präglas av väderleksförhållandena under den aktuella vegetationsperioden men därjämte röner ett påtagligt inflytande av den under densamma bildade mängden kottar, präglas tallens årsringsvariationer i första hand av väderleksförhållandena under såväl den aktuella som de närmast föregående vegetationsperioderna. Däremot synes för detta trädslag kotttill-

gången som regel ej i någon större omfattning återverka på årsringsvariationerna. Observationsmaterialets bristande säkerhet ifråga om kottskördens storlek under olika år framtvingar dock en viss försiktighet beträffande slutsatserna härvidlag.

Kap. VII. Om olika växtår och kalenderår med olika klimatisk effekt på årsringsbildningen

För att mera allmänt beskriva de olika i undersökningen ingående 45 kalenderårens karaktär av växtår, ha i enlighet med tab. 12 desamma grupperats med avseende på utpräglat goda, goda, normala, dåliga och utpräglat dåliga växtår. I första hand har för att erhålla en viss kongruens mellan tall och gran gränsdragning mellan de nämnda godhetsgraderna genomförts med utgångspunkt från årsringsindexseriens dispersion (σ , %), som med avseende på tiden 1900—1944 för det förra trädslaget beräknats uppgå till 13,1 % mot 10,8 % för det senare. De olika graderna ha därvid definierats på följande sätt:

Växtårets karaktär	Graden definieras av indexvärdet 100,0 % ökat eller minskat med	Motsvarande årsringsindex för	
		tall	gran
Utpräglat gott.....	$> 1,50 \times \sigma$	$> 119,5 \%$	$> 116,1 \%$
Gott.....	$+ 0,50 \times \sigma - + 1,49 \times \sigma$	$106,5 - 119,5 \%$	$105,4 - 116,1 \%$
Normalt.....	$- 0,50 \times \sigma - + 0,49 \times \sigma$	$93,5 - 106,4 \%$	$94,7 - 105,3 \%$
Dåligt.....	$- 1,50 \times \sigma - - 0,49 \times \sigma$	$80,4 - 93,4 \%$	$83,9 - 94,6 \%$
Utpräglat dåligt.....	$< 1,50 \times \sigma$	$< 80,4 \%$	$< 83,9 \%$

I tab. 12 ha kalenderåren grupperats icke blott enligt ovanstående uppdelningsgrund utan även inbördes efter fallande årsringsindex, således från det bästa till det sämsta växtåret. Då gränsdragning sker enligt nyssnämnda grunder, visar sig under tiden 1900—1944 endast tre utpräglat goda växtår ha inträffat för tall, nämligen i nämnd ordning 1922, 1923 och 1921, mot fyra för gran, nämligen 1901, 1900, 1941 och 1940. I intet fall har följaktligen ett och samma kalenderår haft karaktär av utpräglat gott växtår för båda trädslagen. Av utpräglat dåliga växtår har endast ett, nämligen 1936, inträffat för tall mot fyra för gran, nämligen 1902, 1944, 1931 och 1928, av vilka särskilt det sistnämnda kan rubriceras som mycket markerat ogynnsamt. För både tall och gran uppgår antalet goda växtår till 11 st., medan dåliga växtår visa sig ha inträffat i något högre frekvens för det förra (14 st.) än för det senare trädslaget (8 st.). Av normala år svara 16 st. för tall mot 18 st. för gran. Åren 1914, 1915, 1916 och 1919 ha karaktär av goda växtår för både tall och gran, medan av de dåliga växtåren överensstämmelse endast föreligger med avseende på år 1935. Samtidigt inträffande normala växtår ha varit 1903, 1906, 1913, 1932 och 1934.

Tabell 12. De olika kalenderårens karaktär av växtår för tall och gran inom Norrland jämte Kopparbergs län under tiden 1900—1944.

Character of growth year for pine and spruce in different calendar years in Norrland and Kopparberg Province during the period 1900—1944.

T r ä d s l a g T r e e s p e c i e s																	
T a l l P i n e									G r a n S p r u c e								
Utpräglat goda Very good	Goda Good	Normala Normal	Dåliga Bad	Utpräglat dåliga Very bad	Utpräglat goda Very good	Goda Good	Normala Normal	Dåliga Bad	Utpräglat dåliga Very bad	Utpräglat goda Very good	Goda Good	Normala Normal	Dåliga Bad	Utpräglat dåliga Very bad	Utpräglat goda Very good	Goda Good	Normala Normal
v ä x t å r g r o w t h y e a r																	
År Year	In- dex Index	År Year	In- dex Index	År Year	In- dex Index	År Year	In- dex Index	År Year	In- dex Index	År Year	In- dex Index	År Year	In- dex Index	År Year	In- dex Index	År Year	In- dex Index
1922	135,5	1915	118,5	1930	105,5	1912	93,4	1936	79,7	1901	122,0	1919	114,0	1917	105,1	1938	94,5
1923	126,0	1924	118,4	1900	103,6	1937	92,6	—	—	1900	119,6	1922	111,5	1903	104,6	1925	93,8
1921	120,7	1920	116,6	1942	103,6	1940	92,3	—	—	1941	118,6	1915	110,0	1905	104,2	1921	93,2
—	—	1925	115,7	1944	102,3	1910	91,6	—	—	1940	116,2	1939	109,1	1912	101,6	1942	90,8
—	—	1901	115,5	1917	102,2	1905	90,8	—	—	—	—	1937	108,2	1906	101,0	1926	90,2
—	—	1941	113,6	1939	101,8	1902	90,6	—	—	—	—	1914	108,1	1930	100,8	1943	90,2
—	—	1914	113,2	1927	98,6	1907	90,3	—	—	—	—	1916	107,6	1913	99,8	1923	89,9
—	—	1916	111,9	1913	98,2	1904	89,5	—	—	—	—	1929	106,9	1911	99,4	1935	86,1
—	—	1918	111,6	1926	98,1	1933	89,0	—	—	—	—	1908	106,6	1933	99,3	—	—
—	—	1943	110,6	1929	98,0	1931	84,5	—	—	—	—	1936	106,4	1932	98,9	—	—
—	—	1919	109,0	1934	97,8	1911	82,4	—	—	—	—	1910	105,4	1904	98,7	—	—
—	—	—	—	1932	96,4	1935	82,4	—	—	—	—	—	—	1907	98,3	—	—
—	—	—	—	1906	95,8	1909	82,0	—	—	—	—	—	—	1924	98,2	—	—
—	—	—	—	1908	95,2	1928	80,7	—	—	—	—	—	—	1909	98,1	—	—
—	—	—	—	1938	94,8	—	—	—	—	—	—	—	—	1918	96,9	—	—
—	—	—	—	1903	94,6	—	—	—	—	—	—	—	—	1920	96,6	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1934	96,6	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1927	95,3	—	—
3 st.	127,4	11 st.	114,1	16 st.	99,2	14 st.	88,0	1 st.	79,7	4 st.	119,1	11 st.	108,5	18 st.	99,6	8 st.	91,1
																14 st.	78,4

Årsringsindex redovisar som nämnts kalenderårets karaktär av växtår i relation till medelklimatet under den period, som valts till bas för undersökningen, i föreliggande fall således tiden 1900—1944. Växtårets karaktär är emellertid avhängigt av årsringsindex under det närmast föregående kalenderåret. Har sålunda index ett relativt högt värde, behöver klimatinflytandet under det efterföljande kalenderåret ej vara av särskilt gynnsam karaktär, för att detsamma skall registreras i form av ett relativt högt årsringsindex, som då kan giva intryck av ett gott växtår. Motsatt effekt gör sig gällande, då årsringsindex för det föregående kalenderåret ligger under normalnivån, varvid ett jämförelsevis normalt klimatinflytande under närmast efterföljande kalenderår kan registreras som ett ogynnsamt växtår. *Årsringsindex är visser-*

ligen en god mätare på de olika kalenderårens karaktär av växtår inbördes, men redovisar endast i begränsad omfattning den effekt, som det direkta klimatinflytandet under vegetationsperioden utövat på årsringsbildningen. För att precisera detta måste de från klimatiska sekundärverkningar rensade årsringsindexvärdena komma till användning. Härigenom erhåller man siffermässiga uttryck för den mera renodlade klimatiska effekten på tallens och granens årsringsbildning.

Som utgångspunkt för en inbördes gradering av de olika kalenderåren med hänsyn till den effekt, som klimatet utövat på årsringsbildningen, välja vi den från autokorrelation rensade årsringsindexserien för tall och den från såväl autokorrelation som kotttillgång rensade serien för gran enligt tab. 11. För det föreliggande ändamålet borde givetvis även tallens årsringsindexserie ha rensats med hänsyn till kotttillgången, vilket dock ej kunnat ske enligt de i närmast föregående kapitel angivna motiven. Den rensade årsringsindexserien för gran får därför tolkas som en mera effektiv mätare på det direkta klimatinflytandet än årsringsindex för tall.

För en inbördes gradering av de olika kalenderåren med hänsyn till den mera renodlade effekt, som klimatet utövat på årsringsbildningen hos tall och gran, tillämpa vi samma indelningsgrund som vid graderingen av växtåren, ehuru vi nu fixera gränsen mellan de olika godhetsgraderna med utgångspunkt från dispersionen hos de rensade årsringsindexserierna (σ_r , %), som för tall uppgår till 10,0 % och för gran till 9,3 %. Följande fem grupper ha därvid erhållits:

Kalenderårets effekt på årsringsbildningen	Graden definieras av indexvärdet 100,0 % ökat eller minskat med	Motsvarande årsringsindex för	
		tall	gran
Utpräglat gynnsam...	$> 1,50 \times \sigma_r$	$> 115,0 \%$	$> 114,0 \%$
Gynnsam.....	$+ 0,50 \times \sigma_r$ — $+ 1,49 \times \sigma_r$	105,0—115,0 %	104,7—114,0 %
Normal.....	$- 0,50 \times \sigma_r$ — $+ 0,49 \times \sigma_r$	95,0—104,9 »	95,4—104,6 »
Dålig.....	$- 1,50 \times \sigma_r$ — $- 0,49 \times \sigma_r$	85,0—94,9 »	86,0—95,3 »
Utpräglat ogynnsam..	$< 1,50 \times \sigma_r$	$< 85,0 \%$	$< 86,0 \%$

Tab. 13 återger de olika kalenderår, som ingå i de ovanstående fem grupperna, och upptager därjämte motsvarande rensade årsringsindexvärden. En jämförelse mellan denna tab. och den på likartat sätt uppställda tab. 12 utvisar, att betydande skillnader framträda med avseende på å ena sidan kalenderårets karaktär av växtår, å andra sidan dess mer renodlade klimatiska effekt på tallens och granens årsringsbildning.

Årsringsindex för år 1922 representerar en rekordartat hög nivå, men nedgår genom eliminering av autokorrelationens inflytande rätt avsevärt, nämligen från 136 till 122 %. Oaktat denna kraftiga minskning har det ifrågavarande kalenderåret haft den mest utpräglat gynnsamma klimatiska effekten på tallens årsringsbildning av samtliga de i undersökningen ingående 45 kalender-

Tabell 13. De olika kalenderårens mera renodlade klimatiska effekt på tallens och granens årsringsbildning under tiden 1900—1944.
The different calendar years' climatic propagating effect on the annual ring formation of pine and spruce during the period 1900—1944.

K a l e n d e r å r m e d e n C a l e n d a r y e a r e x e r c i s i n g a																			
utpräglat gynnsam very favourable		gynnsam favourable		normal normal		ogynnsam unfavourable		utpräglat ogynnsam very unfavourable		Utpräglat gynnsam very favourable		gynnsam favourable		normal normal		ogynnsam unfavourable		utpräglat ogynnsam very unfavourable	
effekt på <i>tallens</i> årsringsbildning effect on the annual ring formation of pine										effekt på <i>granens</i> årsringsbildning effect on the annual ring formation of spruce									
År Year	Index Index	År Year	Index Index	År Year	Index Index	År Year	Index Index	År Year	Index Index	År Year	Index Index	År Year	Index Index	År Year	Index Index	År Year	Index Index	År Year	Index Index
1922	122	1914	115	1910	104	1917	95	1935	84	1915	114	1919	114	1939	104	1909	95	1923	86
1941	119	1901	114	1925	104	1904	94	1928	82	—	—	1901	114	1921	104	1920	93	1944	83
—	—	1929	111	1913	103	1907	94	1931	81	—	—	1941	111	1916	104	1918	92	1902	82
—	—	1920	111	1923	103	1933	92	1902	81	—	—	1940	110	1908	103	1926	92	1935	80
—	—	1918	111	1906	102	1936	92	—	—	—	—	1922	109	1934	103	1938	90	1928	78
—	—	1915	110	1908	102	1940	92	—	—	—	—	1913	109	1905	102	1931	89	—	—
—	—	1921	110	1919	102	1911	88	—	—	—	—	1917	109	1903	102	1943	87	—	—
—	—	1943	109	1924	102	1926	88	—	—	—	—	1910	108	1924	102	—	—	—	—
—	—	1930	107	1903	101	1909	86	—	—	—	—	1937	108	1925	101	—	—	—	—
—	—	1932	107	1927	100	—	—	—	—	—	—	1936	107	1912	101	—	—	—	—
—	—	1937	107	1938	100	—	—	—	—	—	—	1914	107	1906	100	—	—	—	—
—	—	1939	106	1916	100	—	—	—	—	—	—	1929	106	1907	99	—	—	—	—
—	—	1912	106	1905	98	—	—	—	—	—	—	—	—	1927	99	—	—	—	—
—	—	1934	106	1944	96	—	—	—	—	—	—	—	—	1911	98	—	—	—	—
—	—	—	—	1942	95	—	—	—	—	—	—	—	—	1933	98	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1932	97	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1942	97	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1930	96	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1904	96	—	—	—	—
2 st.	120,5	14 st.	109,3	15 st.	100,8	9 st.	91,2	4 st.	82,0	1 st.	114,0	12 st.	109,3	19 st.	100,3	7 st.	91,1	5 st.	81,8

åren. Även år 1941 visar sig ha medfört en utpräglat gynnsam effekt på årsringsbildningen, ehuru detta kalenderår som växtår betraktat endast kan rubriceras som »gott». Av de 11 st. »goda» växtåren och 14 st. kalenderåren med »gynnsamt» klimatinflytande råder för tallens del överensstämmelse med avseende på de 6 åren 1901, 1914, 1915, 1918, 1920 och 1943, medan det ifråga om »normala» växtår (16 st.) och kalenderår med »normal» effekt på årsringsbildningen (15 st.) föreligger korrespondens beträffande följande 8 år: 1903, 1906, 1908, 1913, 1927, 1938, 1942 och 1944. Samstämmighet mellan »dåliga» växtår (14 st.) och kalenderår med »ogynnsam» effekt på årsringsbildningen råder med avseende på de 5 åren 1904, 1907, 1911, 1933 och 1940. För tall har endast år 1936 haft karaktär av »utpräglat dåligt» växtår. Däremot visar sig, sedan autokorrelationens inflytande eliminerats, klimatet haft en »utpräglat ogynnsam» effekt på årsringsbildningen under de fyra kalenderåren 1902, 1931, 1928 och 1935, vilka vid jämförelse mellan de rensade årsringsindexvärdena framstå som ungefär likvärda.

Även för granens del medför rensningen av årsringsindex — i detta fall från såväl autokorrelation som kottillgång — betydande omkastningar mellan de olika kalenderåren, då alternativt den ursprungliga årsringsindexserien lägges till grund för bedömning av växtårets karaktär eller den rensade indexserien tages till utgångspunkt för en gradering av kalenderåren med hänsyn till den mer renodlade effekten på årsringsbildningen. Sålunda visar sig ej något av de fyra »utpräglat goda» växtåren ha haft någon »utpräglat gynnsam» effekt på årsringsbildningen. År 1915 är det enda kalenderår, som representerar denna senare grupp. Som växtår betraktat har detta emellertid karaktär av »gott». Av de inalles 11 st. »goda» växtåren och de 12 st. kalenderåren med »gynnsam» effekt på årsringsbildningen råder överensstämmelse med avseende på de 7 kalenderåren 1910, 1914, 1922, 1929, 1936 och 1937, medan i fråga om de 18 »normala» växtåren och de 19 kalenderåren med »normal» effekt på årsringsbildningen 12 st. kalenderår äro gemensamma för båda grupperna, nämligen 1903—1907, 1912, 1924, 1927, 1930 och 1932—1934. Av de 8 st. som »dåliga» rubricerade växtåren och de 7 st. kalenderår, under vilka klimatinflytandet haft en »ogynnsam» effekt, är överensstämmelsen begränsad till de tre åren 1926, 1938 och 1943. Vid jämförelse mellan de 4 st. »utpräglat dåliga» växtåren och de 5 st. av »utpräglat ogynnsamt» klimatinflytande präglade kalenderåren råder slutligen korrespondens med avseende på åren 1928, 1944 och 1902, av vilka det förstnämnda framstår som icke blott det sämsta växtåret utan även det ur mera renodlat klimatisk synpunkt mest ogynnsamma kalenderåret under tiden 1900—1944.

Som tidigare konstaterats medför en eliminering av de mera framträdande klimatiska sekundärverkningarna större likformighet mellan tallens och granens årsringsindexserier, än då de båda ursprungliga indexserierna jämföras

inbördes. Även efter rensning av årsringsindex kvarstå dock vissa skillnader, som närmast skulle antyda, att en viss artspecifik skillnad råder mellan de båda trädslagen i vad avser deras möjligheter att för assimilationsarbetet och därmed även årsringsbildningen utnyttja ej fullt analoga avsnitt av variationsområdena för de meteorologiska faktorer, vilka ha en reglerande effekt på assimilationsförloppet. Då däremot årsringsindex anger en utpräglat gynnsam klimatisk effekt, skulle detta antyda, att förutsättningarna för assimilationen och årsringsbildningen varit så markerat gynnsamma, att de båda trädslagens krav på främst temperatur men måhända i viss utsträckning även nederbörd, blivit fullt tillgodosedda. I motsats härtill skulle de mycket låga indexvärdena angiva, att klimatet varit av så utpräglat ögynnsam karaktär, att såväl tallens som granens årsringsbildning likformigt hämmats.

Kap. VIII. Årsringsindexserier för olika geografiska områden och skilda ståndortskaraktärer

Då årsringsmaterialet är av rätt betydande omfattning och härrör från ett relativt stort antal noggrant undersökta, över praktiskt taget hela skogsregionen av Norrland jämte Kopparbergs län utspridda provtytor, har det samma kunnat studeras ur olika aspekter beträffande det inflytande, som det geografiska läget och olika ståndortskaraktärer utövar på årsringsbreddens klimatiskt betingade variation. Med ledning av de vid uppskattningen av varje enskild provyta i den s. k. allmänna beskrivningen gjorda anteckningarna ha de årsringsundersökta provträden trädslagsvis sorterats enligt följande uppdelningsgrund:

- | | | |
|-----------------------------|---|--|
| A. Geografiska områden..... | { | 1. Län
2. Klimatområden
3. Breddgrader
4. Höjdområden |
| B. Ståndortskaraktärer..... | { | 1. Boniteter
2. Slutenhetsgrader
3. Fuktighetsförhållanden |

Det hade givetvis varit att föredraga, om det i varje sådan sorteringsgrupp ingående årsringsmaterialet hade kunnat bearbetas på analogt sätt som materialet i dess helhet. Det i kap. III beskrivna tillvägagångssättet vid härledning av årsringsindex förutsätter emellertid ett omfattande och på olika åldersgrupper jämförelsevis jämnt fördelat årsringsmaterial. I och med att det ursprungliga materialet sorteras i enlighet med ovanstående gruppindelning,

tunnas det ut i en sådan utsträckning, att den tidigare tillämpade bearbetningsmetodiken ej med fördel genomgående skulle kunna komma till användning vid härledningen av årsringsindexserierna för de enskilda grupperna. Härtill kommer att den är av arbetskrävande natur. På grund härav har det ansetts motiverat att för det svagare underbyggda årsringsmaterialet inom de olika grupperna härleda årsringsindex i enlighet med det av NÄSLUND (1942) ursprungligen anvisade förfaringssättet, vilket i enlighet med det föregående innebär, att årsringsseriens åldersavtagande först elimineras genom numerisk utjämning enligt en viss funktion, varefter årsringsindex för de i serien ingående kalenderåren erhållas genom att sätta den observerade årsringsbredden i relation till den för kalenderåret enligt utjämningsfunktionen beräknade.

Innan denna mera schematiska bestämning av årsringsindexserierna för de olika grupperna accepterats, har dock prövats, huruvida någon annan för ändamålet lämpad utjämningsfunktion än den av NÄSLUND använda (funktion 1, jfr s. 14) leder till årsringsindex, som bättre överensstämmer med den för hela Norrland jämte Kopparbergs län föreliggande indexserien för tall och gran enligt den regressionsanalytiska bearbetningen (s. 33). Härvid har medelårsringsbredden för olika kalenderår inom tidsavsnittet 1900—1944 uträknats, varefter den sålunda erhållna årsringsserien numeriskt utjämnats i enlighet med funktionerna 1, 2, 3 och 9 (jfr s. 14—16 och 26). Årsringsindex ha sedan uträknats och jämförts med de på regressionsanalytisk väg

Tab. 14. För olika femårsperioder föreliggande differenser mellan årsringsindex enligt tab. 5 och årsringsindex enligt olika utjämningsfunktioner.

Differences recorded for different five-year periods between the annual ring index according to table 5 and the annual ring index according to different functions.

Femårs- period Five-year period	Differens mellan årsringsindex enligt tab. 5 och enligt funktionen Difference between the annual ring index according to table 5 and according to the function							
	$y = a_1 + \frac{b_1}{x}; (1)$		$\frac{1}{y} = a_2 + b_2(x-k); (2)$		$y = a_3 : 1,0 p^x; (3)$		$y = a_4 + \frac{b_4}{\sqrt{x}} + \frac{c_4}{x}; (9)$	
	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce
	p r o c e n t p e r c e n t							
1900—1904	+ 0,9	— 4,6	+ 0,7	— 2,1	+ 2,3	— 2,5	+ 4,3	— 7,9
1905—1909	+ 2,0	— 3,7	+ 2,0	— 2,1	+ 1,9	— 2,7	+ 1,8	— 3,6
1910—1914	+ 1,2	— 1,7	+ 1,6	— 0,7	+ 0,6	— 1,3	— 0,9	+ 0,4
1915—1919	— 2,2	— 2,0	— 1,4	— 1,4	— 3,1	— 2,1	— 5,4	+ 0,9
1920—1924	— 4,0	+ 0,0	— 2,3	+ 0,5	— 4,4	— 0,3	— 7,1	+ 2,4
1925—1929	— 2,3	+ 1,4	— 0,4	+ 1,9	— 1,9	+ 1,3	— 3,6	+ 2,6
1930—1934	— 2,3	+ 1,6	+ 0,2	+ 2,3	— 0,8	+ 1,7	— 1,6	+ 1,1
1935—1939	+ 1,8	+ 0,9	+ 5,1	+ 1,9	+ 4,8	+ 1,5	+ 5,3	— 2,0
1940—1944	+ 1,5	— 1,6	+ 6,1	— 0,3	+ 6,9	— 0,5	+ 9,5	— 6,7

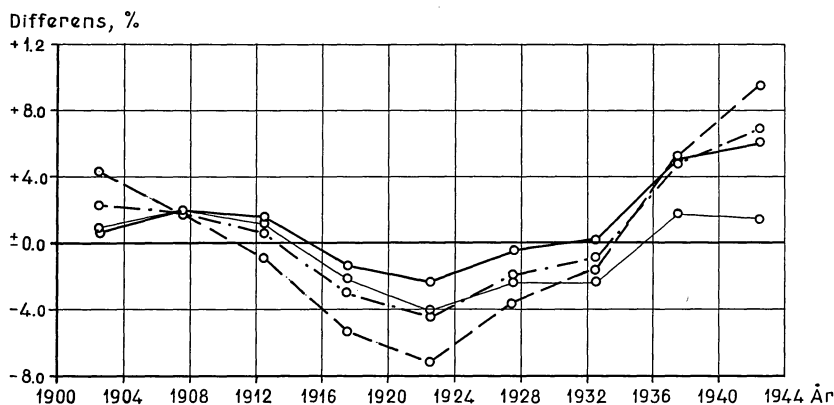


Fig. 19. Differens mellan årsringsindex för *tall* enligt standardserien och årsringsindex enligt olika utjämningsfunktioner (jfr tab. 14, s. 70). De grova heldragna, fina heldragna, punkt-streckade och streckade linjerna representera jämförelse med funktionerna 1, 2, 3 och 9 respektive.

Difference between the annual ring index for *pine* according to the standard series and the annual ring index according to different adjustment functions (see table 14, p. 70). The thick full lines, thin full lines, dotted and broken lines represent comparisons with the functions 1, 2, 3 and 9 respectively.

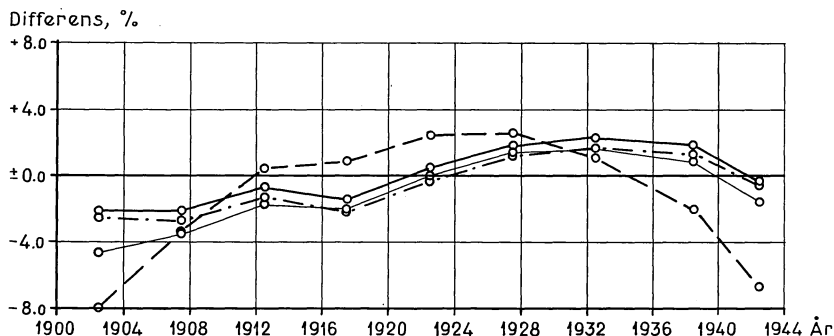


Fig. 20. Differens mellan årsringsindex för *gran* enligt standardserien och årsringsindex enligt olika utjämningsfunktioner (jfr tab. 14, s. 70). De grova heldragna, fina heldragna, punkt-streckade och streckade linjerna representera jämförelse med funktionerna 1, 2, 3 och 9 respektive.

Difference between the annual ring index for *spruce* according to the standard series and the annual ring index according to different adjustment functions (see table 14, p. 70). The thick full lines, thin full lines, dotted and broken lines represent comparisons with the functions 1, 2, 3 and 9 respectively.

härledda enligt tab. 5. Dessa senare årsringsindex ha utgjort utgångsvärden för jämförelser med de i enlighet med respektive funktioner beräknade, varvid differenserna uträknats för såväl enskilda kalenderår som grupper av sådana. De differenser, som på detta sätt erhållits mellan årsringsindex för de i tab. 5 redovisade femårsperioderna (jfr s. 33) och enligt ifrågavarande funktioner uträknade, redovisas i tab. 14 och grafiskt i fig. 19 och 20. Värdet av de i de olika funktionerna ingående konstanterna, vilka följaktligen erhållits som

resultat vid den numeriska utjämningen av hela årsringsmaterialet från Norrland jämte Kopparbergs län, framgår av tab. 15. Den regressionsanalytiska bearbetningen av detta material i enlighet med funktionerna 7 för tall och 8 för gran har enligt det föregående medfört en eliminering av icke blott det egentliga åldersavtagandet utan även — genom den i funktionerna ingående koefficienten e^{β_i} — av skiljaktigheter härrörande från olikheter ifråga om ståndortsinflytelser inom de olika åldersgrupperna. Den därvid erhållna årsringsindexserien återspeglar därför i mera renodlad form årsringsbreddens klimatiskt betingade variation, än då årsringsindexserien baseras enbart på en eliminering av årsringsmaterialets med stigande ålder avtagande tendens. Detta gäller givetvis i första hand, då man förfogar över ett så heterogent sammansatt årsringsmaterial, som det här är fråga om. *För det enskilda beståndet är ståndortsinflytandet av mera konstant natur, varför i detta fall det senare förfaringssättet vid lämpligt val av utjämningsfunktion bör kunna leda till för beståndet fullt tillfredsställande uttryck för klimatets inflytande på radie-tillväxten.* Då vi för det gruppindelade materialet i enlighet med det föregående äro hänvisade till att härleda årsringsindexserierna enligt det ifrågavarande förfaringssättet, har den funktion ansetts böra komma till användning, som leder till indexvärden, vilka för årsringsmaterialet i dess helhet ger bästa överensstämmelsen med de i tab. 5 redovisade indexserierna.

Tab. 15. Värdet av konstanterna i de för utjämning av medelårsringsbredden under olika kalenderår använda funktionerna.

Value of the constants in the functions employed for adjusting the mean annual ring widths for different calendar years.

Träd- slag Tree species	F u n k t i o n Function									
	$y = a_1 + \frac{b_1}{x} \dots (1) \parallel \frac{1}{y} = a_2 + b_2 (x-k) \dots (2) \parallel y = a_3 : 1.0 p^x \dots (3) \parallel y = a_4 + \frac{b_4}{\sqrt{x}} + \frac{c_4}{x} \dots (9)$									
	K o n s t a n t v ä r d e n Values of the constants									
	a_1	b_1	a_2	b_2	k	a_3	$1.0 p$	a_4	b_4	c_4
Tall .. Pine	+ 13,593	+ 3 863,3	+ 0,0114	+ 0,000183	1899	+ 158,33	+ 1,0119	— 275,28	+ 4 866,6	— 16 486
Gran.. Spruce	+ 34,727	+ 1 885,5	+ 0,0159	+ 0,000078	1899	+ 83,31	+ 1,0045	+ 333,69	— 5 424,3	+ 26 357

Ann. Den beroende variabeln y anger den utjämnade årsringsbredden i hundraedels mm. I funktion 2 betecknar den oberoende variabeln x kalenderår, i övriga tre funktioner däremot kalenderårets ordningsnummer i förhållande till år 1900, som har ordningsnumret 53 för tall och 64 för gran.

Note! The dependent variable y indicates the adjusted annual ring width in hundredths of a mm. In function 2 the independent variable x denotes the calendar year, whilst in the three remaining functions it denotes the calendar year's serial number in relation to the year 1900 which has the serial number 53 for pine and 64 for spruce.

Som framgår av tab. 14 eller, måhända överskådligare av fig. 19—20, medför bestämning av årsringsindex enligt funktion 9 för såväl tall som gran så stora avvikelser från standardserien enligt tab. 5, att funktionen ej bör komma till användning för det gruppindelade årsringsmaterialet. Denna uppfattning får för övrigt stöd av det förhållandet, att den på grundval av de enskilda kalenderårens avvikelser uträknade medelkvadratiska spridningen enligt tab. 16 visar sig vara störst, då årsringsindexserien baseras på funktion 9. Mot dennas användning vid rutinmässiga bestämningar av årsringsindex talar dessutom, att den är avsevärt arbetsdrygare än någon av funktionerna 1—3.

Tab. 16. Medelkvadratisk spridning för de enskilda kalenderårens avvikelser.

Standard deviation for separate calendar years.

Trädslag Tree species	Funktion nr Function No.			
	1	2	3	9
	spridning, % Standard deviation, %			
Tall..... Pine	2,25	3,02	3,65	5,28
Gran..... Spruce	2,40	1,67	1,78	4,11

Med avseende på de för olika femårsperioder uträknade differenserna mellan standardseriens årsringsindex och de med ledning av funktionerna 1—3 beräknade indexvärdena visar sig den av RUDEN (1945) föreslagna funktionen (3) lämna med funktionerna 1 och 2 förhållandevis likvärdiga resultat. Särskilt gäller detta gran. För de enskilda kalenderåren leder funktion 3 för tall till högre spridning, än då index härledes enligt endera av de båda nyssnämnda funktionerna. För gran däremot ger funktionerna 2 och 3 ungefär samma spridning, vilken dock är lägre än den, som erhållits med utgångspunkt från de enligt funktion 1 bestämda indexvärdena. Enligt det föregående bygger funktion 3 på det antagandet, att årsringsbredden avtager med ett från år till år lika procentuellt belopp, ett antagande som dock ej funnit stöd i den på s. 29—33 utförda analysen av årsringens åldersavtagande. På grund härav har ej heller RUDENS funktion ansetts böra läggas till grund för de rutinmässiga bestämningarna av årsringsindexserierna för det gruppindelade årsringsmaterialet. En jämförelse mellan funktionerna 1 och 2 utvisar enligt fig. 19, att för tall avvikelserna i förhållande till standardserien under de tre första femårsperioderna äro nära nog desamma. Inom tidsskalans centrala parti ger däremot funktion 2 en bättre överensstämmelse med den ifrågavarande

serien, medan funktion 1 leder till avsevärt lägre avvikelser under de båda sista femårsperioderna. Den på grundval av de enskilda kalenderårens avvikelser beräknade spridningen är dessutom lägre vid härledning av årsringsindex enligt funktion 1. För gran medför indexberäkning enligt densamma något högre avvikelser under de fyra första men något lägre under de fyra sista femårsperioderna. Enligt funktion 2 blir dock spridningen för de kalenderårsvisa avvikelserna i detta fall påtagligt lägre.

Den numeriska utjämnningen av årsringsserierna och bildandet av årsringsindex enligt funktion 1 och 2 har vid tillgång på automatiska multiplikationsmaskiner av t. ex. typen FACIT ESA eller ESA-O jämte lämpliga hjälptabeller för bl. a. bestämning av reciproka talvärden visat sig taga ungefär samma tid i anspråk. Användningen av funktion 1 förutsätter dock, att man känner årsringsmaterialets genomsnittliga ålder för att kunna fixera de olika kalenderårens ordningsnummer i relation till densamma, vilket däremot ej erfordras, då funktion 2 användes för härledning av årsringsindex. Som tidigare framhållits har den förra funktionen hittills begagnats för att bestämma årsringsindexserier för de enskilda till produktionsundersökningen i orörd skog hörande provytorna. Då ingen av de tre andra ovan prövade funktionerna visat sig leda till nämnvärt bättre överensstämmelse med årsringsindexserierna för hela Norrland jämte Kopparbergs län, har det ansetts motiverat att genomgående basera de rutinmässiga bestämningarna av årsringsindexserierna för det gruppindelade årsringsmaterialet på funktion 1. Möjligen hade denna funktion kunnat komma till användning endast för årsringsmaterialet av tall medan funktion 2 skulle bättre lämpa sig för gran. Vid prövning på det gruppindelade materialet har emellertid ej tillräckligt starka skäl framkommit för att använda olika funktioner för tall och gran. Det bör emellertid i detta sammanhang uttryckligen framhållas, att man ej på förhånd kan avgöra, om för varje enskild grupp av årsringsserier någon annan av de behandlade funktionerna leder till en bättre överensstämmelse med de årsringsindex, som skulle ha erhållits, om det för gruppen föreliggande årsringsmaterialet kunnat statistiskt bearbetas i enlighet med det i kap. III beskrivna tillvägagångssättet. Den rutinmässiga, ehuru mera schematiska bearbetningen av det gruppindelade årsringsmaterialet i anslutning till den valda typen av funktion, underlättar emellertid högst avsevärt härledningen av det rätt betydande antal årsringsindexserier, som gruppindelningen för med sig, varjämte jämförbarheten mellan de olika serierna inbördes bli större, än om från fall till fall olika funktioner skulle komma till användning.

Årsringsindexserier för län

Tall

Det antal provvytor och provträd, som ligger till grund för årsringsindexserien för vart och ett av de sex nordligaste länen, framgår av tab. 17. Enligt denna visar sig för tallens del provträden härröra från nära nog samma antal provvytor inom Kopparbergs, Västerbottens och Norrbottens län, vilka län representeras av ett avsevärt större antal provvytor än Gävleborgs, Väster-norrlands och Jämtlands län, som inbördes representeras av ungefär lika

Tab. 17. Antalet provvytor och provträd, konstantvärden i utjämningsfunktionen för årsringsbreddens åldersavtagande samt korrelationskoefficienter mellan årsringsindexserierna för de sex nordligaste länen.

Number of sample plots and sample trees, values of constants in the function for age decrease in the annual ring widths and the correlation coefficients between the annual ring index series for the six northernmost provinces.

Trädslag Tree species	L ä n Province	Antal Number of		Provträdens medel- ålder vid brh., år Sample trees' mean age at br. h., years	Konstantvärden i funktionen Values of constants in the function $y = a + \frac{b}{x}$		L ä n P r o v i n c e						Årsrings- index' dispersion, % Standard deviation of annual ring index, %
		prov- vytor sam- ple plots	prov- träd sam- ple trees				Kop- par- bergs	Gävle- borgs	Väs- ter- norr- lands	Jämt- lands	Väs- ter- bot- tens	Norr- bot- tens	
		Korrelationskoefficienter för årsringsindexserier Correlation coefficients for annual ring index series											
Tall Pine	Kopparbergs....	32	447	100,9	+ 20,453	+ 3 457,6	—	0,842	0,694	0,622	0,626	0,581	11,2
	Gävleborgs.....	11	248	86,6	+ 31,145	+ 2 615,6	0,842	—	0,706	0,647	0,586	0,468	11,6
	Västernorrlands..	12	138	98,9	+ 27,587	+ 2 514,3	0,694	0,706	—	0,797	0,833	0,646	16,4
	Jämtlands.....	13	210	86,0	+ 27,029	+ 2 522,7	0,622	0,647	0,797	—	0,759	0,556	14,9
	Västerbottens...	32	383	98,8	- 1,515	+ 5 150,1	0,626	0,586	0,833	0,759	—	0,864	15,8
	Norrbottens....	31	653	92,4	+ 5,308	+ 4 063,4	0,581	0,468	0,646	0,556	0,864	—	15,0
	Samtliga All	131	2 079	94,6	+ 13,593	+ 3 863,3	0,767	0,723	0,804	0,761	0,929	0,879	13,1
Gran Spruce	Kopparbergs....	36	523	98,4	+ 22,571	+ 2 170,9	—	0,753	0,784	0,713	0,715	0,678	9,4
	Gävleborgs.....	21	303	97,6	+ 28,611	+ 3 061,2	0,753	—	0,732	0,689	0,620	0,674	9,5
	Västernorrlands..	28	371	97,2	+ 19,688	+ 3 016,0	0,784	0,732	—	0,835	0,836	0,663	11,4
	Jämtlands.....	32	418	110,4	+ 25,245	+ 2 532,1	0,713	0,689	0,835	—	0,882	0,664	13,1
	Västerbottens...	48	581	103,2	+ 44,031	+ 730,6	0,715	0,620	0,836	0,882	—	0,793	14,6
	Norrbottens....	34	462	122,3	+ 30,455	+ 2 097,1	0,678	0,674	0,663	0,664	0,793	—	12,7
	Samtliga All	199	2 658	105,2	+ 34,727	+ 1 885,5	0,822	0,784	0,870	0,886	0,915	0,820	10,8

Korrelationskoefficienten är genomgående positiv och statistiskt signifikant enligt *** med undantag för kombinationen tall: Gävleborgs-Norrbottens län, där signifikansen uppgår till **.

The correlation coefficient is positive throughout and statistically significant according to *** with the exception of the combination for pine: Gävleborgs-Norrbottens Province where the significance amounts to **.

Tab. 18. Jämförelse mellan den produktiva skogsmarkens fördelning samt fördelningen av antalet provytor och provträd inom de sex nordligaste länen.

Comparison between the distribution of productive forest land and the distribution of the number of sample plots and sample trees within the six northernmost provinces.

L ä n Province	Procentuell fördelning av Percentage distribution of				
	produk- tiva skogs- marken productive forest land	antalet provytor number of sample plots		antalet provträd number of sample trees	
		tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce
Kopparbergs.....	13,2	24,4	18,1	21,5	19,7
Gävleborgs.....	9,2	8,4	10,5	11,9	11,4
Västernorrlands.....	12,5	9,2	14,1	6,7	13,9
Jämtlands.....	17,5	9,9	16,1	10,1	15,7
Västerbottens.....	21,1	24,4	24,1	18,4	21,9
Norrbottnens.....	26,5	23,7	17,1	31,4	17,4
Samtliga All	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

många provytor. För att utröna i vad mån antalet provytor och provträd bära anses representera respektive län, kunna givetvis olika bedömningsgrunder uppställas. Sålunda kan deras procentuella fördelning i förhållande till de olika länens andel i områdets totala skogsmarksareal, som enligt 1939—1944 års riksskogstaxering uppgick till 15,308 milj. ha, lämna en viss orientering över provyte- och provträdstätheten inom de ifrågavarande länen, vilket framgår av tab. 18.

Samtliga län med undantag av Kopparbergs och Jämtlands äro enligt tab. 18 följaktligen representerade av ett antal provytor, som förhållandevis väl svara mot deras andel i den produktiva skogsmarksarealen, medan det förstnämnda länet är över- men det sistnämnda underrepresenterat. De för Gävleborgs, Västernorrlands och Jämtlands län föreliggande antalen provytor och provträd äro av allt att döma av alltför ringa omfattning för att läggas till grund för några tillräckligt representativa årsringsindexserier. För att med tillräcklig grad av representation och säkerhet återgiva årsringsvariationerna inom de enskilda länen borde såväl antal provytor som provträd genomgående ha varit avsevärt större. De i tab. 19 och fig. 21 framlagda årsringsindexserierna få därför ej läggas till grund för några mera ingående jämförelser.

Om vi till en början något uppehålla oss vid de i tab. 17 redovisade korrelationskoefficienterna, visa sig dessa utan undantag ha hög statistisk signifikans, varför samvariationen mellan årsringsindexserierna för olika län ej kan föras tillbaka på slumpvisa orsaker. Som regel kan korrelationskoefficienten konstateras vara störst mellan angränsande län och avtager allt eftersom avståndet mellan jämförelseobjekten ökar. Detta måste tolkas som ett utslag för att

Tabell 19. Årsringsindex för de sex nordligaste länen.
Annual ring index for the six northernmost provinces.

Å r Year	L ä n P r o v i n c e											
	Koppar- bergs		Gävleborgs		Väster- norrlands		Jämtlands		Väster- bottens		Norr- bottens	
	T r ä d s l a g T r e e s p e c i e s											
	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce
	Å r s r i n g s i n d e x , p r o c e n t A n n u a l r i n g i n d e x , p e r c e n t											
1900	113	116	114	106	101	109	105	117	104	120	96	111
1901	116	116	112	104	122	115	125	121	116	124	116	116
1902	91	89	102	85	93	81	98	76	90	75	88	77
1903	106	106	113	107	101	105	104	102	93	96	82	91
1904	95	90	104	97	101	102	99	100	87	91	83	89
1905	94	97	97	104	96	104	97	106	88	99	89	96
1906	93	91	91	103	98	102	100	100	98	95	102	98
1907	93	90	86	100	91	93	95	99	90	94	95	101
1908	89	102	90	111	94	102	97	106	96	100	106	101
1909	85	99	77	93	78	92	80	99	80	91	91	98
1910	100	105	89	105	86	105	79	103	94	99	95	103
1911	82	92	81	95	77	101	67	94	82	100	92	107
1912	97	105	93	99	86	96	82	94	90	100	100	108
1913	100	97	96	96	94	93	86	92	100	101	103	110
1914	110	100	107	98	120	101	107	105	119	117	116	116
1915	102	105	111	102	125	101	107	103	129	115	126	117
1916	101	100	104	97	119	103	106	102	117	117	114	111
1917	93	97	90	95	110	106	106	103	108	115	98	98
1918	107	94	102	99	114	96	123	91	113	95	103	88
1919	97	108	92	112	99	112	124	113	113	116	107	104
1920	105	95	102	99	100	97	118	97	116	93	122	88
1921	114	96	104	92	102	91	115	89	121	92	125	93
1922	128	109	133	118	130	112	131	105	133	112	132	113
1923	125	97	122	102	124	88	111	81	123	80	123	94
1924	112	106	112	104	116	90	100	90	121	91	118	106
1925	104	100	107	98	115	96	104	86	117	84	122	96
1926	96	91	91	90	79	90	82	81	92	84	108	104
1927	103	99	101	97	88	94	87	93	91	91	99	101
1928	85	83	86	81	73	74	66	65	71	61	82	67
1929	108	115	109	112	101	114	93	110	92	104	86	98
1930	99	100	108	95	109	102	106	109	103	109	102	95
1931	88	88	92	81	86	76	90	78	76	69	75	66
1932	98	102	97	94	100	98	100	106	95	102	85	91
1933	79	93	87	90	96	107	102	112	99	108	79	92
1934	94	90	92	96	87	101	99	99	104	102	97	93
1935	98	87	94	87	77	87	77	92	74	88	76	86
1936	95	102	92	102	77	100	87	119	69	113	72	111
1937	97	109	101	109	87	103	100	118	83	109	96	109
1938	109	88	109	101	93	88	104	94	87	93	88	107
1939	106	112	120	121	114	115	118	111	99	107	92	108
1940	82	113	84	109	106	124	101	119	103	124	97	122
1941	114	126	109	114	134	133	120	119	119	122	117	119
1942	116	99	102	92	113	92	102	82	102	89	106	97
1943	118	94	112	82	134	99	119	86	114	91	105	88
1944	113	86	103	83	120	84	112	82	105	80	101	76

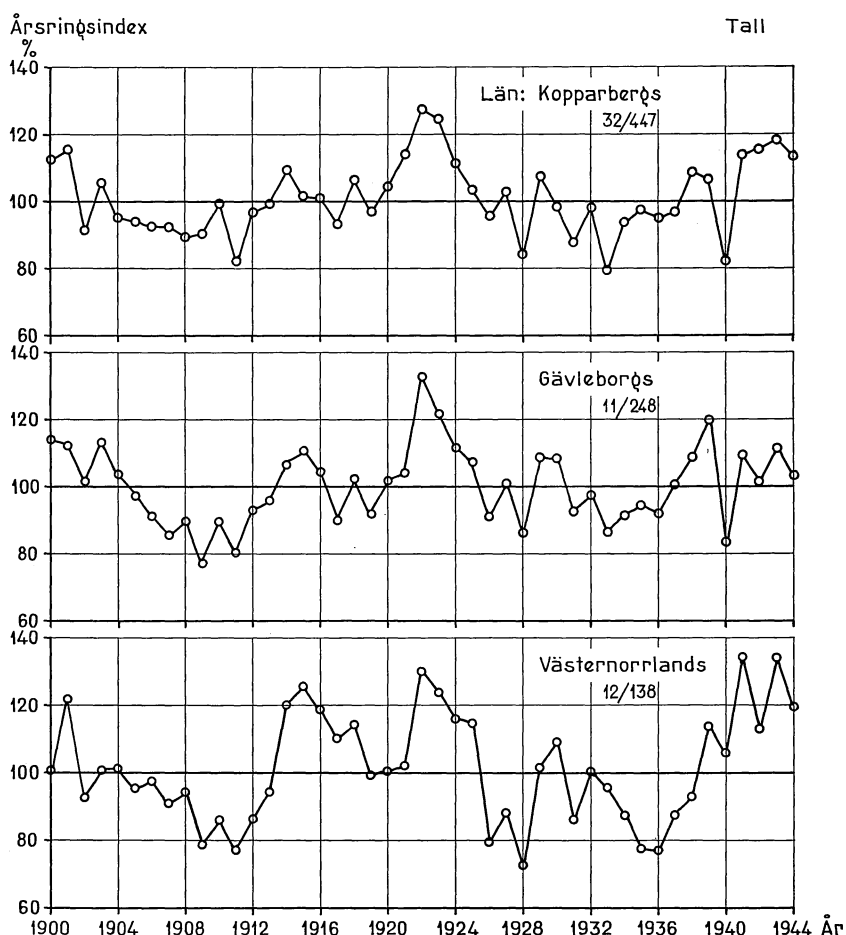


Fig. 21. Årsringsindexserier för *tall* inom vart och ett av de sex nordligaste länen. I likhet med för de följande årsringsindexserierna betecknar talet till vänster om snedstreckat antalet provytor, det till höger därom antalet provträd.

Annual ring index series for *pine* in each of the six northernmost provinces. As in the case of the following annual ring index series, the figure on the left of the stroke denotes the number of sample plots and that on the right the number of sample trees.

de olika länens årsringsindexserier återspegla lokalklimatiska inflytelser, ett förhållande till vilket vi skola återkomma i det följande.

Korrelationskoefficienten för olika kombinationer av årsringsindexserier ger oss visserligen upplysning om att samvariationen, d. v. s. den samtidigt inträffade ökningen eller minskningen av årsringsindex, sker med en hög grad av synkronism år från år men säger oss föga om likheterna beträffande årsringsindex numeriska belopp, då de olika länens årsringsindexserier jämföras sinsemellan. För jämförelser härvidlag äro vi hänvisade antingen till att studera

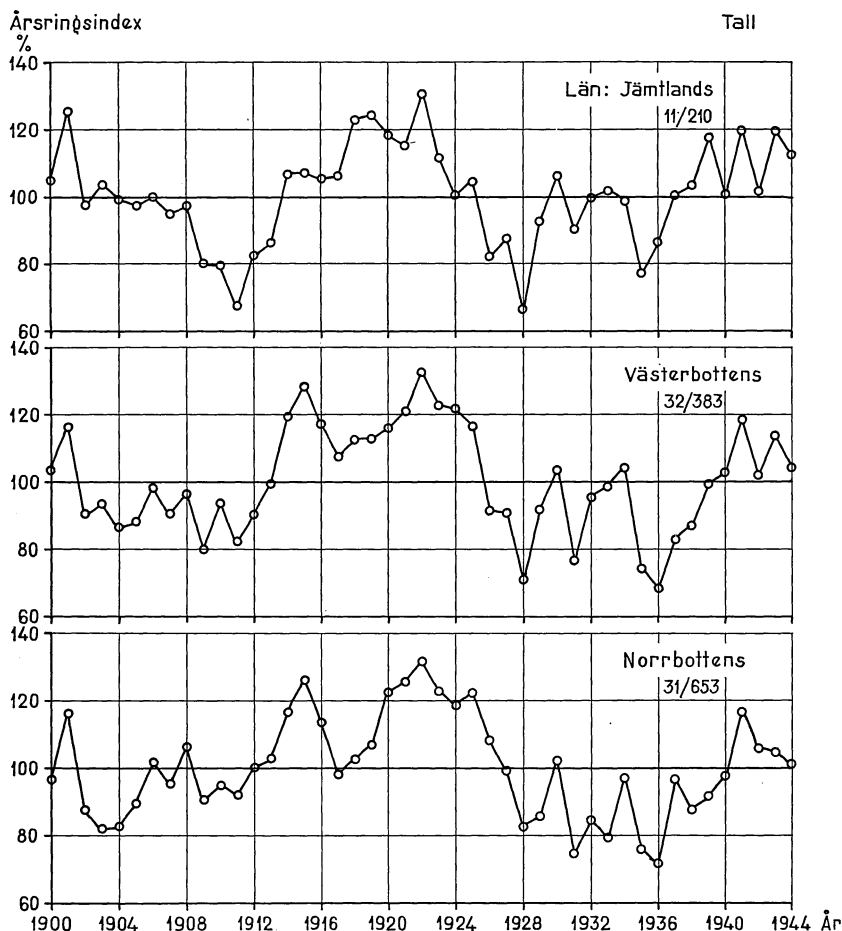


Fig. 21. Se vidstående text.
See the adjoining text.

årsringsindex för olika kalenderår enligt tab. 19 eller — mera överskådligt — motsvarande indexvärden i form av diagram enligt fig. 21.

Den grafiska bilden av tallens årsringsvariationer finner man därvid i viss mån vara särpräglad för de olika länen. Visserligen är å ena sidan detaljöverensstämmelsen mellan årsringsindexserierna i en del fall mycket påtaglig för samtliga de sex länen, men å andra sidan gör för olika tidsavsnitt stundom en markerad brist på samstämmighet sig gällande. Som regel tendera årsringsindexvariationerna att något öka med tilltagande nordligt läge. Detta

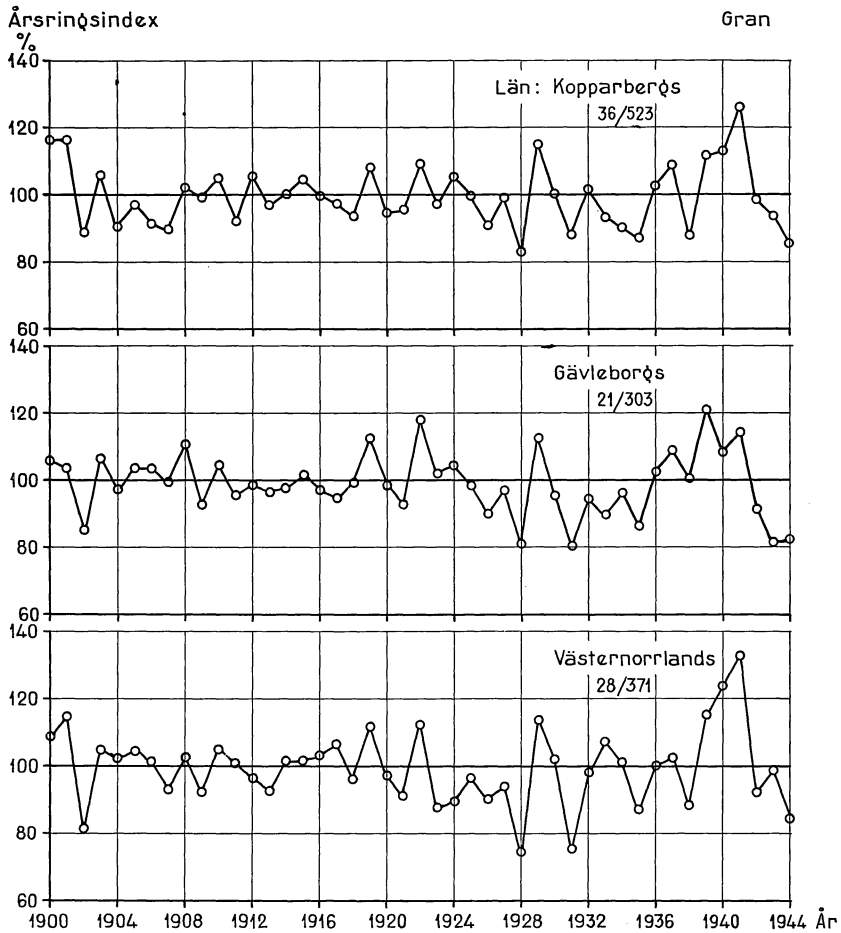


Fig. 22. Årsringsindexserier för *gran* inom vart och ett av de sex nordligaste länen.
Annual ring index series for *spruce* in each of the six northernmost provinces.

bestyrkes för övrigt objektivt av årsringsindex dispersion, som redovisas länsvis i tab. 17 och som visar en klar tendens att stiga från de sydligaste till de båda nordligaste länen, vilket konstaterande för fram till den slutsatsen, att *under ju kargare klimatiska förhållanden årsringsbildningen äger rum, desto starkare accentuerat registreras de mera framträdande extremårens karaktär av antingen goda eller dåliga växtår.*

Gran

Granens årsringsindexserier återgivas länsvis dels numeriskt i tab. 19, dels grafiskt i fig. 22. Trädslaget i fråga är i stort sett representerat av ett större

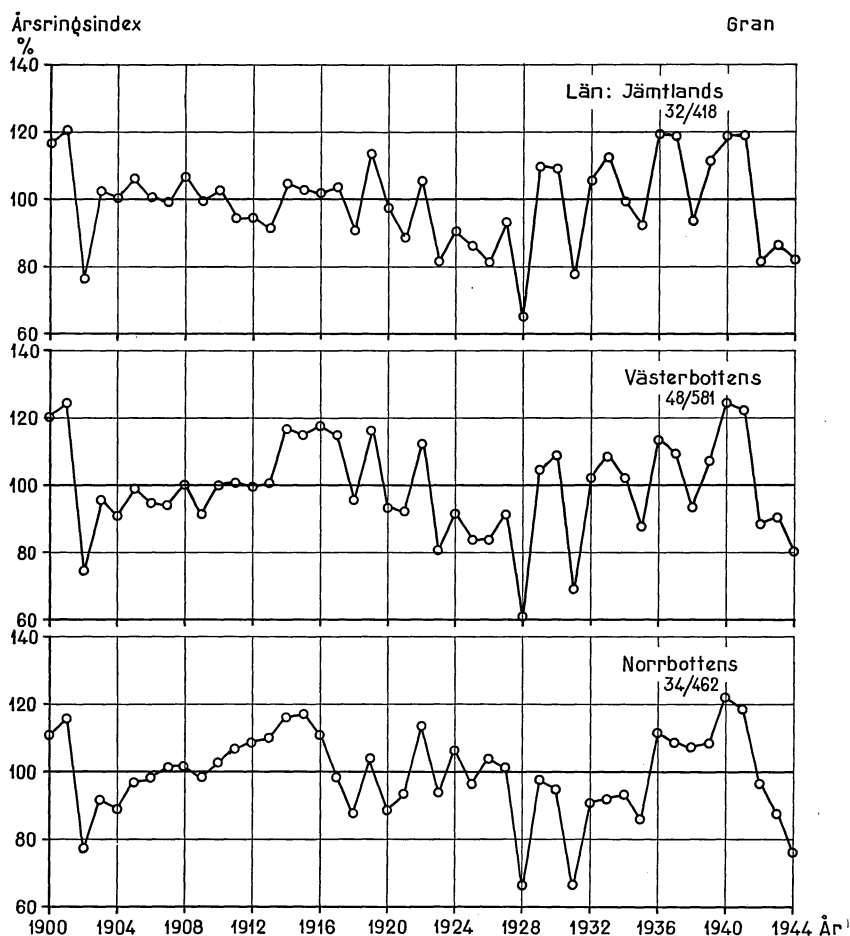


Fig. 22. Se vidstående text.
See the adjoining text.

antal provvytor och provträd än tallens årsringsindexserier. Ett undantag härvidlag utgör dock Norrbottens län, där antalet provvytor visserligen något överstiger tallens men antalet provträd däremot är rätt avsevärt lägre. Med detta undantag svara provvyternas och provträdens fördelning i stort sett tämligen väl mot de olika länens andelar i den sammanlagda produktiva skogsmarksarealen inom det ifrågavarande området. Det hade emellertid varit önskvärt, om även granens länsvisa årsringsindexserier hade kunnat baseras på ett ännu större antal provvytor och provträd, än som nu ingå i undersökningen.

Även för gran ha de korrelationskoefficienter, som uträknats för olika

kombinationer av länsvisa årsringsindexserier, genomgående så hög grad av statistisk signifikans, att det ej kan bli va tal om någon slumpmässigt förorsakad samvariation. För gran uppvisar dock korrelationskoefficienten en proportionsvis mindre starkt utpräglad tendens att avtaga i samma mån som korrelationen avser årsringsindexserier för allt mer avlägset belägna län.

Vid jämförelser mellan årsringsindexserierna inom olika län enligt fig. 22 kan konstateras, att detaljöverensstämmelsen dem emellan är påtagligt större än då jämförelsen avser tallens indexserier. Man torde dock även för granens del kunna karaktärisera årsringsindexserierna som i viss mån länsvis särpräglade. Särskilt anmärkningsvärd överensstämmelse visar sig emellertid föreligga mellan indexserierna för Kopparbergs, Gävleborgs och Västernorrlands län. Det sistnämnda länets har samtidigt vissa om årsringsindexserien för Jämtlands län påminnande drag. Likaså ha indexserierna för Jämtlands och Västerbottens län vissa gemensamma särdrag, medan däremot serien för Norrbotten uppvisar den minsta likheten med övriga läns.

Med avseende på årsringsindex dispersion råder ungefär analoga förhållanden för gran som för tall, nämligen att dispersionen tilltager ju nordligare läge länet representerar. Även i detta fall utgör Norrbottens län ett undantag, enär årsringsindex här uppvisar en med indexserien för Jämtlands län nära nog överensstämmande dispersion, som dock är påtagligt lägre än för Västerbotten.

Årsringsindexserier för klimatområden

Enligt ÅNGSTRÖMS analyser av de olika klimatelementens regionala fördelning och årliga förlopp (ÅNGSTRÖM, 1946) kunna stora delar av Norrland jämte Kopparbergs län hänföras till landets allmänna klimatområde, som vi i fortsättningen benämna A-området. De västra delarna av Norrbottens, Västerbottens och Jämtlands län falla inom det maritima, norrländska fjällområdet (M_3 -området), medan ett smalt bälte längs Bottenhavets kust från Gävleborgs län i söder upp till i höjd med Piteå ingår i det maritima ostkustområdet (M_2 -området). Av lokalkontinentala områden kan man urskilja dels ett sydligt, som bland annat omfattar de västra delarna av Kopparbergs län samt större delen av den södra hälften av Jämtlands län (K_1 -området), dels ett isolerat nordligt, som nära sammanfaller med de centrala delarna av övre Norrland (K_2 -området). De olika klimatområdenas ungefärliga utbredning framgår av fig. 23. Med utgångspunkt från ÅNGSTRÖMS karta ha provytorna trädslagsvis sorterats på de olika klimatområdena, varefter årsringsindex på ovan angivet sätt härletts för vart och ett av dessa med avseende på tiden 1900—1944. Antalet av de inom olika klimatområden fallande provytorna och provträden redovisas i tab. 20, som även anger provytornas genomsnittliga breddgrad och

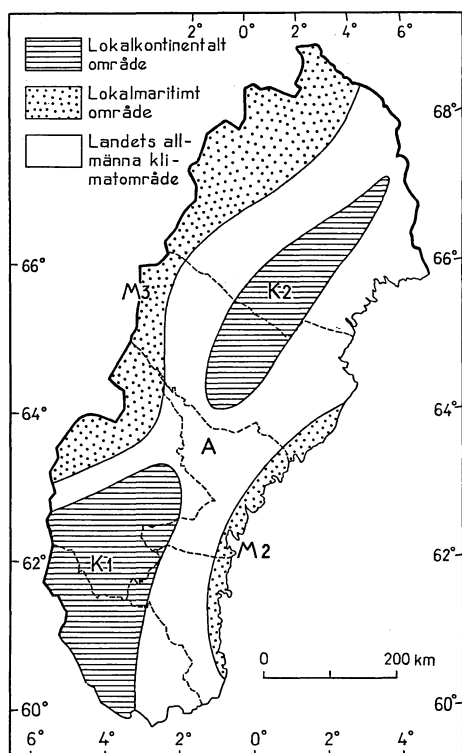


Fig. 23. De lokalkontinentala och lokalmaritima områdenas utsträckning och fördelning inom Norrland jämte Kopparbergs län enligt ÅNGSTRÖM.

Extent and distribution of the local continental (K_1 and K_2) and local maritime (M_2 and M_3) areas in Northern Sweden and Kopparberg Province according to ÅNGSTRÖM. A denotes the general climatic area of the country.

höjd över havet liksom även konstantvärdena i utjämningsfunktionen för åldersavtagandet samt de korrelationskoefficienter, som uträknats vid kombination av årsringsindexserier representerande olika klimatområden.

Tall

I undersökningsmaterialet av tall äro de båda lokalkontinentala områdena K_1 och K_2 representerade av ett förhållandevis tillfredsställande antal provtytor och provträd, särskilt då det förstnämnda området (tab. 20). Av de båda lokalmaritima områdena är endast det maritima ostkustområdet (M_2) företrädd, ehuru av ett så obetydligt antal provtytor och provträd, att årsringsindexserien måste betecknas som osäker och ej tillräckligt representativ för området i fråga. Huvudparten av provtyte- och provträds materialet visar sig ha fallit inom landets allmänna klimatområde. En markerad skillnad gör

Tab. 20. Antalet provytor och provträd, konstantvärden i utjämningsfunktionen för årsringsbreddens åldersavtagande samt korrelationskoefficienter mellan årsringsindexserierna för olika klimatområden.

Number of sample plots and sample trees, values of constants in the function for age decrease in the annual ring widths and the correlation coefficients between the annual ring index series for different climatic areas.

Trädslag Tree species	Klimatområde Climatic area	Antal Number of		Provyternas genomsnittliga Sample plots' average		Provträdens medelålder vid brh, år Sample trees' av. age at breast height, years	Konstantvärden i funktionen Values of constants in the function		Klimatområde Climatic area					Årsringsindex' dispersion, % Standard deviation of annual ring index, %
		provytor sample plots	provträd sample trees	breddgrad, grader latitude, degrees	höjd ö. h., m height above sea level, m		$y = a + \frac{b}{x}$		K_1	K_2	M_2	M_3	A	
st.					a	b	Korrelationskoefficienter för årsringsindexserier Correlation coefficients for annual ring index series							
Tall Pine	K_1	33	453	61,4	441	104,7	+ 30,147	+ 2 569,7	—	0,649	0,732	—	0,840	11,3
	K_2	19	365	65,9	313	103,8	+ 6,992	+ 4 767,3	0,649	—	0,770	—	0,863	14,7
	M_2	5	46	63,4	39	113,1	+ 49,497	+ 1 156,5	0,732	0,770	—	—	0,900	20,6
	M_3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	A	74	1 215	63,9	241	87,6	+ 10,726	+ 3 675,9	0,840	0,863	0,900	—	—	12,3
	Samtl. All	131	2 079	63,5	294	94,6	+ 13,593	+ 3 863,3	0,823	0,877	0,900	—	0,964	13,1
Gran Spruce	K_1	43	584	61,6	441	112,1	+ 32,066	+ 1 643,4	—	0,783	0,636	0,649	0,894	11,1
	K_2	31	394	65,5	408	122,9	+ 47,313	— 53,5	0,783	—	0,622	0,715	0,874	15,6
	M_2	8	109	63,2	62	95,3	+ 30,060	+ 2 311,0	0,636	0,622	—	0,466	0,728	12,1
	M_3	5	60	63,8	487	92,7	+ 13,711	+ 4 415,4	0,649	0,715	0,466	—	0,687	15,5
	A	112	1 511	63,6	293	99,3	+ 25,797	+ 2 490,9	0,894	0,874	0,728	0,687	—	10,1
	Samtl. All	199	2 658	63,5	339	105,2	+ 34,727	+ 1 885,5	0,902	0,887	0,715	0,712	0,948	10,8

K_1 = det mellersta lokalkontinentala området M_2 = det lokalmaritima ostkustområdet.
 K_2 = » norra » » M_3 = » » norrländska fjällområdet.

Korrelationskoefficienten är genomgående positiv och statistiskt signifikant enligt *** med undantag av kombinationen gran: M_2 - M_3 , där signifikansen i det närmaste uppgår till ***.

K_1 = the central local continental area M_2 = the local maritime east coast area
 K_2 = " northern " " " M_3 = " " " Norrland mountain area.

The correlation coefficient is positive throughout and statistically significant according to *** with the exception of the combination for spruce M_2 - M_3 , where the significance nearly amounts to ***.

sig gällande, då de olika klimatområdenas enligt provytematerialet bestämda genomsnittshöjd över havet jämföras. Sålunda är det sydligare av de båda lokalkontinentala områdena (K_1 -området) beläget på avsevärt högre höjd över havet än det norra, vilket senare område tämligen väl motsvarar den, som provytematerialet anger för de inom Norrland och Kopparbergs län fallande

delarna av landets allmänna klimatområde. Provytorna inom det maritima ostkustområdet ligga i stort genomsnitt enligt tab. 20 i tämligen nära anslutning till havsytans nivå.

Då årsringsindexserierna för de olika klimatområdena kombinerats, har genomgående en hög och statistiskt starkt (***) signifikant korrelation erhållits, som därvid skulle antyda, att *klimatet på ett förhållandevis likformigt sätt präglat tallens årsringsvariationer inom samtliga områden*. Självfallet erhålles den starkaste korrelationen, då årsringsindexserien för landets allmänna klimatområde kombineras med standardserien för hela Norrland jämte Kopparbergs län. Den förra serien representerar nämligen 56 % av antalet provtytor och 58 % av antalet provträd, på vilket den senare är uppbyggd. Det måste emellertid betecknas som anmärkningsvärt, att årsringsindexserien för det maritima ostkustområdet (M_2), trots att den endast är baserad på ett så ringa underlag som 5 provtytor med inalles 46 st. provträd, uppvisar en påfallande god samvariation — korrelationskoefficienten har det höga värdet av $+0,900$ — med såväl standardserien som med indexserien för landets allmänna klimatområde.

Då årsringsdiagrammen enligt fig. 24 tagas till utgångspunkt för jämförelser mellan årsringsindexserierna för de olika klimatområdena, tilldraga sig de båda lokalkontinentala områdena K_1 och K_2 speciellt intresse. Mellan årsringsindexserierna för dessa båda områden, vilka serier enligt det föregående basera sig på ett förhållandevis tillfredsställande årsringsmaterial, framträda nämligen vissa skillnader, som mycket väl kunna tolkas som symptom på, att olikheter ifråga om det direkta klimatinflytandet satt sin prägel på indexserierna. Såsom vi i samband med undersökningsmaterialets fördelning på breddgrader närmare skola uppehålla oss vid, tilltager särskilt påtagligt hos tall autokorrelationen mellan årsringsindex för två på varandra följande kalenderår. Detta skulle antyda, att ju längre norrut man kommer, desto starkare är årsringsbildningen beroende av årsringsindex för närmast föregående år, således indirekt av väderleksförhållandena under den närmast föregående vegetationsperioden. Som utslag av autokorrelationens inflytande kunna t. ex. olikheterna beträffande årsringsindex för kalenderåren närmast efter det klimatiskt mycket ogynnsamma året 1902 i viss utsträckning tillfredsställande förklaras. Anmärkningsvärda skillnader visa sig föreligga mellan årsringsindexserierna under bland annat tiden 1913—1915 och 1928—1940, vilka skillnader åtminstone till en del torde vara förorsakade av den starkare autokorrelationen inom det nordligaste av de båda lokalkontinentala områdena (K_2 -området), där för övrigt årsringsindex dispersion uppgår till 14,7 % mot 11,3 % för området K_1 , medan dispersionen inom landets allmänna klimatområde utgör 12,3 %.

Årsringsindexserien för det maritima ostkustområdet M_2 uppvisar den

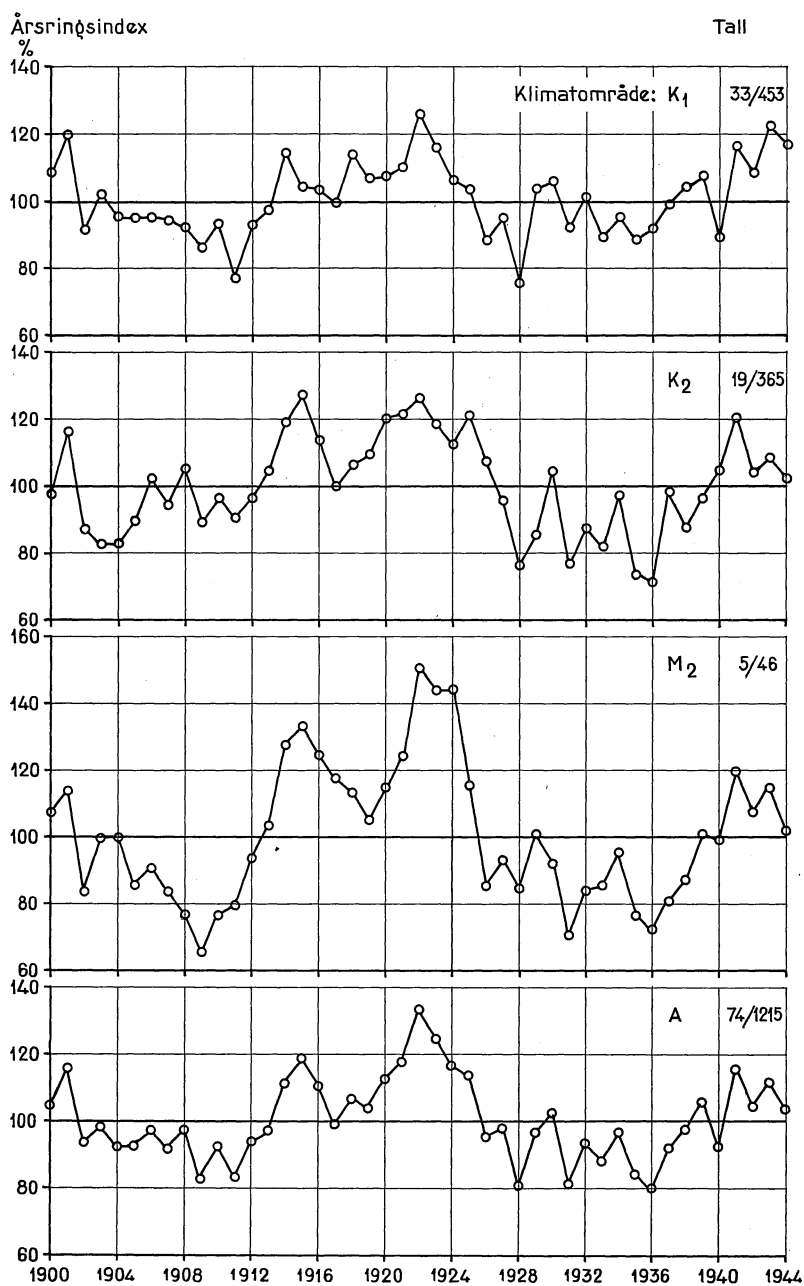


Fig. 24. Årsringsindexserier för *tall* inom olika klimatområden.
Annual ring index series for *pine* in different climatic areas.

Årsringsindex

Gran

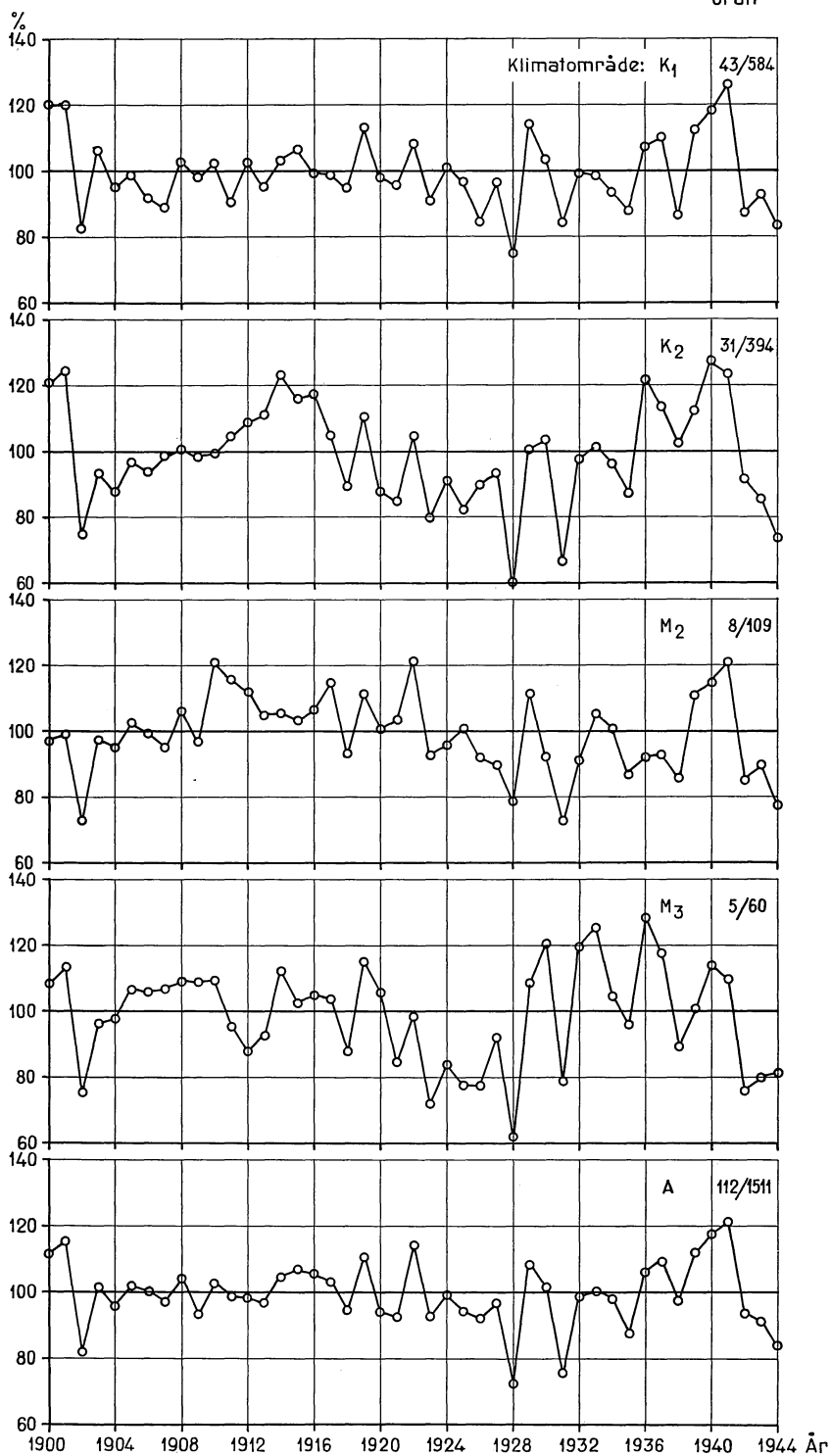


Fig. 25. Årsringsindexserier för *gran* inom olika klimatområden.
Annual ring index series for *spruce* in different climatic areas.

Tab. 21. Årsringsindex för olika klimatområden.

Annual ring index for different climatic areas.

Å r Year	K l i m a t o m r å d e C l i m a t i c a r e a								
	K_1		K_2		M_2		M_3	A	
	T r ä d s l a g T r e e s p e c i e s								
	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	gran spruce	tall pine	gran spruce
	Å r s r i n g s i n d e x , p r o c e n t A n n u a l r i n g i n d e x , p e r c e n t								
1900	109	120	98	121	107	97	108	105	112
1901	120	120	116	124	114	99	113	116	115
1902	91	83	87	75	83	73	75	94	82
1903	102	106	83	93	100	98	96	98	101
1904	96	95	83	88	100	95	98	92	96
1905	95	99	89	97	85	102	107	92	102
1906	96	92	102	94	91	100	106	97	100
1907	94	89	94	99	84	95	107	91	97
1908	92	103	105	101	77	106	109	97	104
1909	86	98	89	98	66	97	109	82	93
1910	93	102	96	99	76	121	110	92	102
1911	77	91	91	105	79	116	95	83	98
1912	93	103	96	109	94	112	88	94	98
1913	98	95	105	111	103	105	93	97	96
1914	114	103	119	123	128	105	112	111	104
1915	104	106	127	116	133	103	102	118	107
1916	104	99	114	117	125	107	105	110	105
1917	99	99	100	105	117	114	104	99	103
1918	114	95	106	89	113	93	88	107	95
1919	107	113	109	110	105	111	115	104	110
1920	108	98	120	88	115	101	106	113	94
1921	110	96	122	85	124	103	84	118	92
1922	126	108	126	105	151	121	98	133	114
1923	116	91	118	80	144	93	72	124	92
1924	106	101	112	91	144	96	84	117	99
1925	104	97	121	82	115	101	78	114	94
1926	88	85	108	90	85	92	78	95	92
1927	95	97	96	93	93	90	92	98	97
1928	76	75	76	60	85	79	62	81	72
1929	104	114	85	100	101	112	109	97	108
1930	106	104	105	104	92	92	120	102	101
1931	92	84	77	66	71	72	79	81	75
1932	101	99	88	98	84	91	119	93	99
1933	89	98	82	101	85	105	125	88	100
1934	95	94	97	96	95	100	104	97	98
1935	88	88	74	87	76	87	96	84	87
1936	92	107	72	122	72	92	128	80	106
1937	99	110	98	114	81	93	118	92	109
1938	104	87	88	102	87	86	89	97	97
1939	107	113	97	112	101	111	101	106	112
1940	89	118	105	127	99	115	114	92	118
1941	117	126	121	123	120	121	110	116	121
1942	108	87	104	92	108	85	76	105	94
1943	123	93	109	86	115	90	80	112	91
1944	117	83	102	74	102	78	82	104	84

högsta dispersionen eller 20,6 %. Indexserien i fråga utmärkes av en i hög grad god samvariation med övriga klimatområden, särskilt då med landets allmänna klimatområde. Årsringsindex mycket markerade svängningar i förhållande till normalnivån, vilka åskådligt framgå av fig. 24, få dock ej sättas i samband med något särskilt särpräglat klimatinflytande inom detta område utan måste till övervägande del ses mot bakgrunden av det ringa årsringsmaterial, på vilken indexserien är uppbyggd. Det är för övrigt en vanlig iakttagelse, då man sysslar med årsringsserier för små materialgrupper endast omfattande några tiotal träd, att man erhåller starka variationer i årsringsindex, vilka emellertid tendera att dämpas i samma mån som indexserien underlagras av ett allt mer växande årsringsmaterial. Såväl den numeriska årsringsindexserien enligt tab. 21 som den grafiska bilden av denna enligt fig. 24 framläggas därför, utan några som helst anspråk på att vara representativa för det ifrågavarande lokalmaritima området.

Gran

Även för detta trädslag visa sig enligt tab. 20 de båda lokalkontinentala områdena K_1 och K_2 vara representerade av ett relativt omfattande antal provytor och provträd. Detta är däremot tyvärr ej fallet beträffande de lokalmaritima, i detta sammanhang intressanta områdena M_2 och M_3 , för vilka — särskilt då för det senare — årsringsserierna basera sig på ett alltför ringa undersökningsmaterial för att berättiga till några egentliga slutsatser, då serierna jämföras inbördes eller med andra klimatområden.

De olika klimatområdenas genomsnittliga breddgrad uppvisar för gran en förhållandevis god överensstämmelse med motsvarande medelvärden för tall, medan däremot provytorna för gran inom de olika klimatområdena i stort genomsnitt äro belägna på högre höjd över havet. Ett undantag härvidlag utgör emellertid området K_1 , för vilket provytorna av såväl tall som gran i medeltal äro belägna på samma höjd över havet.

Samvariationen mellan årsringsindexserierna vid olika kombinationer av klimatområden visar sig enligt tab. 20 vara av ungefär samma styrka för gran som för tall. Undantag härvidlag utgör dock det maritima ostkustområdet, för vilket lägre korrelation föreligger än vid motsvarande kombinationer av tallens indexserier. Då årsringsindexserierna för de båda maritima områdena kombineras, anger korrelationskoefficienten, att något lägre statistisk signifikans (**) föreligger än vid övriga kombinationer. I likhet med för tallen erhålles en mycket hög korrelationskoefficient vid jämförelse mellan årsringsindexserien för det allmänna klimatområdet och standardserien för hela Norrland jämte Kopparbergs län. Till stor del beror detta på att 56 % av totala antalet provytor och 57 % av antalet provträd eller nära nog samma siffror, som konstaterats för tall, ingå i detta område. Även med avseende på årsringsindex

numeriska storlek (fig. 25) under olika kalenderår råder emellertid en anmärkningsvärd överensstämmelse mellan det allmänna klimatområdet och hela undersökningsområdet. Ävenså kan en påtaglig likhet konstateras mellan årsringsindexserierna för det mellersta lokalkontinentala området och standardserien. Några mera framträdande lokalklimatiska återverkningar på årsringsbildningen kan därför ej anses föreligga inom det nyssnämnda området.

Däremot visar sig årsringsindexserien för det norra lokalkontinentala området på ett sådant sätt avvika från dels det mellersta lokalklimatiska dels det allmänna klimatområdet, att man, i likhet med för tallen, måste tillskriva detta ett något olikartat klimatinflytande. Årsringsindex för det förra området karaktäriseras bland annat av mycket starka variationer i samband med mera utpräglat goda och dåliga växtår.

Av de båda maritima områdena visar sig ostkustområdet oaktat det jämförelsevis ringa årsringsmaterialet, på vilket årsringsindexserien är uppbyggd, en förhållandevis god överensstämmelse med standardserien, varför indexserien ej förefaller vara präglad av något mera specifikt klimatinflytande. Däremot måste detta anses vara fallet beträffande det maritima norrländska fjällområdet. Visserligen är årsringsindexserien för detta materialmässigt sett svagt underbyggd, men till följd av de här rådande mycket specifika klimatförhållandena, som bland annat präglas av närheten till Atlanten i väster i förening med den betydande höjden över havet — i stort genomsnitt 487 meter — måste man här räkna med från övriga klimatområden, således även från det maritima ostkustområdet, starkt avvikande klimatologiska förhållanden. Det är därför sannolikt, att områdets årsringsindexserie bör ha ett från de övriga områdenas särpräglat utseende. Vi vilja emellertid ånyo framhålla, att årsringsmaterialet bakom indexserien är för litet för att läggas till grund för en för området ifråga representativ serie indexvärden.

Årsringsindex dispersion är enligt tab. 20 lägst för det allmänna klimatområdet, för vilket den uppgår till 10,1 %. För det mellersta lokalkontinentala området och det lokalmaritima ostkustområdet uppgår dispersionen till 11,1 och 12,1 % respektive, medan den för det nordliga lokalkontinentala och lokalmaritima fjällområdet har ett så högt värde som 15,6 och 15,5 % respektive, vilket anger, att årsringsvariationerna här äro starkare accentuerade än inom de sydligare belägna områdena.

Tidigare har NÄSLUND (1942) jämfört årsringsindexserier av gran från 5 provytor inom de båda lokalkontinentala och 9 provytor inom de båda lokalmaritima områdena men har därvid ansett, »att någon utpräglad skillnad mellan årsringskurvornas gång för de olika klimatområdena ej synes föreligga». Den nu på ett avsevärt mycket större årsringsmaterial utförda undersökningen, som tillåtit en starkare differentiering av detsamma, ger vid handen, att vissa skillnader framträda mellan årsringsindexserierna för å ena sidan de båda

nordligaste klimatområdena K_1 och M_3 , å andra sidan de övriga klimatområdena, vilken skillnad sannolikt måste tolkas som en följd av de inom de förstnämnda områdena rådande, delvis starkt särpräglade klimatiska förhållandena.

Årsringsindexserier för breddgradsgrupper

Vid jämförelse mellan årsringsindexserierna för de delar av provytematerialet, som faller mellan olika breddgrader, får man i viss mån större möjligheter att studera det geografiska lägets inflytande på tallens och granens årsringsvariationer än då de rent administrativa enheterna — länen — få utgöra jämförelseobjekt. Sorteringen av provytematerialet har i detta fall skett i fyra breddgradsgrupper, vardera omfattande en jämn och närmast efterföljande udda breddgrad, varvid början gjordes med breddgraden $60,0^\circ$. En av provytorna är visserligen belägen något sydligare därom, nämligen på $59,9^\circ$ bredd, men denna har hänförs till breddgradsgruppen $60,0^\circ$ — $61,9^\circ$. Den nordligaste provytan i tallskog är belägen på $67,2^\circ$ och i granskog på $67,7^\circ$. Breddgradsgruppen $66,0^\circ$ — $67,9^\circ$ är följaktligen i själva verket något trängre än de övriga tre grupperna.

Tall

För tall äro enligt tab. 22 samtliga de fyra breddgradsgrupperna representerade av ett förhållandevis stort antal provytor, möjligen då med undantag av den nordligaste gruppen, där emellertid ett något mindre antal provytor delvis kompenseras av ett proportionsvis större antal provträd. Enligt den ifrågavarande tabellen intaga provytorna inom breddgradsgruppen $62,0^\circ$ — $63,9^\circ$ den i medeltal föreliggande största höjden över havet, 351 m, närmast följd av den sydligaste, inom vilken provytornas genomsnittliga höjd uppgår till 302 m. Därefter följer breddgradsgruppen $64,0^\circ$ — $65,9^\circ$ representerande ett genomsnittligt höjdläge av 273 m. Provytor, som ingå i den nordligaste breddgradsgruppen äro i medeltal belägna på den lägsta höjden över havet, nämligen 231 m.

Vid kombination av årsringsindexserierna för de olika breddgradsgrupperna visar sig korrelationskoefficienterna i samtliga fall vara statistiskt signifikanta enligt***, vilket följaktligen ger anvisning om att klimatet under tiden 1900—1944, i viss mån förhållandevis likformigt präglat tallens årsringsvariationer inom de relativt breda bälten av norra Sverige, som representeras av de olika breddgradsgrupperna.

I likhet med vad vi i det föregående konstaterat beträffande närbelägna län, föreligger enligt tab. 22 den högsta samvariationen, då årsringsindexserierna för två på varandra följande breddgradsgrupper jämföras inbördes.

Tabell 22. Antalet provytor och provträd, konstantvärden i utjämningsfunktionen för årsringsbreddens åldersavtagande samt korrelationskoefficienter mellan årsringsindexserierna för olika breddgrader.

Number of sample plots and sample trees, values of constants in the function for age decrease in the annual ring widths and the correlation coefficients between the annual ring index series for different latitudes.

Trädslag Tree species	Bredd- grad, grader Latitude, degrees	Antal Number of		Provytor- nas genom- snittliga Sample plots' average		Provträdens medel- ålder vid brh., år Sample trees' mean age at br. h., years	Konstantvärden i funktionen Value of constants in the function $y = a + \frac{b}{x}$		Breddgrad, grader Latitude, degrees				Års- rings- index' dispersion, % Stand- ard deviation of annual ring index, %
		prov- ytor sample plots	prov- träd sample trees	bredd- grad, grader latitude, degrees	höjd, ö. h., m height above sea level, m				60,0-61,9	62,0-63,9	64,0-65,9	66,0-67,9	
		st.							Korrelationskoefficienter för årsringsindexserier Correlation coefficients for annual ring index series				
						a		b					
Tall Pine	60,0-61,9	38	625	60,8	302	95,5	+ 22,411	+ 3 302,9	—	0,695	0,585	0,522	11,4
	62,0-63,9	33	446	62,9	351	94,9	+ 27,852	+ 2 576,1	0,695	—	0,819	0,641	14,3
	64,0-65,9	38	469	64,9	273	97,9	— 1,906	+ 5 068,7	0,585	0,819	—	0,876	14,8
	66,0-67,9	22	539	66,8	231	90,5	+ 6,411	+ 3 937,4	0,522	0,641	0,876	—	15,4
	Samtliga All	131	2 079	63,5	294	94,6	+ 13,593	+ 3 863,3	0,741	0,848	0,935	0,865	13,1
Gran Spruce	60,0-61,9	51	753	60,9	322	96,9	+ 20,493	+ 2 810,3	—	0,729	0,663	0,645	8,6
	62,0-63,9	69	908	63,1	338	103,6	+ 24,648	+ 2 652,4	0,729	—	0,909	0,584	11,8
	64,0-65,9	60	746	65,0	370	111,4	+ 42,619	+ 657,3	0,663	0,909	—	0,690	14,4
	66,0-67,9	19	251	66,8	287	116,5	+ 35,191	+ 2 048,3	0,645	0,584	0,690	—	12,8
	Samtliga All	199	2 658	63,5	339	105,2	+ 34,727	+ 1 885,5	0,794	0,922	0,920	0,728	10,8

Korrelationskoefficienten är genomgående positiv och statistiskt signifikant enligt ***.
The correlation coefficient is positive throughout and statistically significant according to ***.

Korrelationskoefficienten tenderar sedan att sjunka, då jämförelsen utsträcker till att avse på större avstånd belägna breddgradsgrupper. Mellan årsringsindexserien för breddgradsgruppen 64,0°—65,9° och standardserien för hela Norrland jämte Kopparbergs län gör en mycket stark samvariation sig gällande, men jämväl mellan de övriga breddgradsgruppernas och standardseriens årsringsindexserier är korrelationen hög.

Då årsringsindexserierna för olika breddgradsgrupper enligt tab. 23 eller fig. 26 jämföras med varandra, blir intrycket, att årsringsvariationerna som sådana ha ett i stort sett synkront förlopp, vilket ju även framgår av korrelationsräkningarna. En med ledning av årsringsdiagrammen på grafisk väg utförd jämförelse mellan de olika årsringsindexserierna utmynnar i den slutsatsen, att en något olikartad kvantitativ effekt av klimatet kan spåras i

Tabell 23. Årsringsindex för olika breddgrader.

Annual ring index for different latitudes.

År Year	B r e d d g r a d, g r a d e r L a t i t u d e, d e g r e e s							
	60,0—61,9		62,0—63,9		64,0—65,9		66,0—67,9	
	T r ä d s l a g T r e e s p e c i e s							
	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce
	Å r s r i n g s i n d e x, p r o c e n t A n n u a l r i n g i n d e x, p e r c e n t							
1900	114	111	104	112	101	121	97	108
1901	113	110	124	117	115	125	117	115
1902	96	87	95	79	90	76	88	78
1903	109	106	102	103	93	96	81	89
1904	98	93	100	100	87	91	82	89
1905	95	100	96	104	89	99	89	97
1906	92	97	98	100	99	96	102	98
1907	90	95	92	94	91	97	96	101
1908	90	106	93	105	99	100	107	102
1909	82	97	79	95	82	93	92	99
1910	97	105	82	105	96	98	94	102
1911	82	93	73	100	85	99	92	106
1912	96	103	86	98	93	101	99	104
1913	99	97	90	94	100	102	103	109
1914	108	97	114	105	117	116	117	115
1915	104	103	115	104	127	114	126	119
1916	102	98	111	104	115	116	114	107
1917	91	95	109	106	105	111	97	95
1918	104	96	119	93	109	94	103	87
1919	94	110	112	112	113	114	107	102
1920	103	96	111	97	117	92	123	89
1921	111	94	110	91	121	90	126	96
1922	129	113	133	110	132	110	132	116
1923	124	101	118	85	123	80	122	100
1924	113	107	107	90	121	92	117	114
1925	104	100	109	91	117	81	123	108
1926	95	92	82	85	94	86	109	112
1927	103	100	89	92	93	93	99	104
1928	86	83	70	69	73	62	82	68
1929	108	114	98	110	92	104	84	97
1930	101	97	108	104	104	108	101	93
1931	88	85	90	77	78	69	73	66
1932	98	98	99	101	95	100	83	90
1933	80	90	99	110	96	106	78	89
1934	93	92	95	101	104	99	96	93
1935	97	86	79	90	75	88	76	84
1936	94	101	83	110	70	115	72	108
1937	98	109	95	110	84	110	99	107
1938	112	95	96	90	86	96	89	109
1939	112	116	113	113	99	108	91	107
1940	82	110	100	121	100	127	99	116
1941	112	121	122	125	116	124	119	112
1942	114	103	103	85	101	91	107	95
1943	119	92	122	92	109	90	106	84
1944	111	90	112	83	102	79	102	74

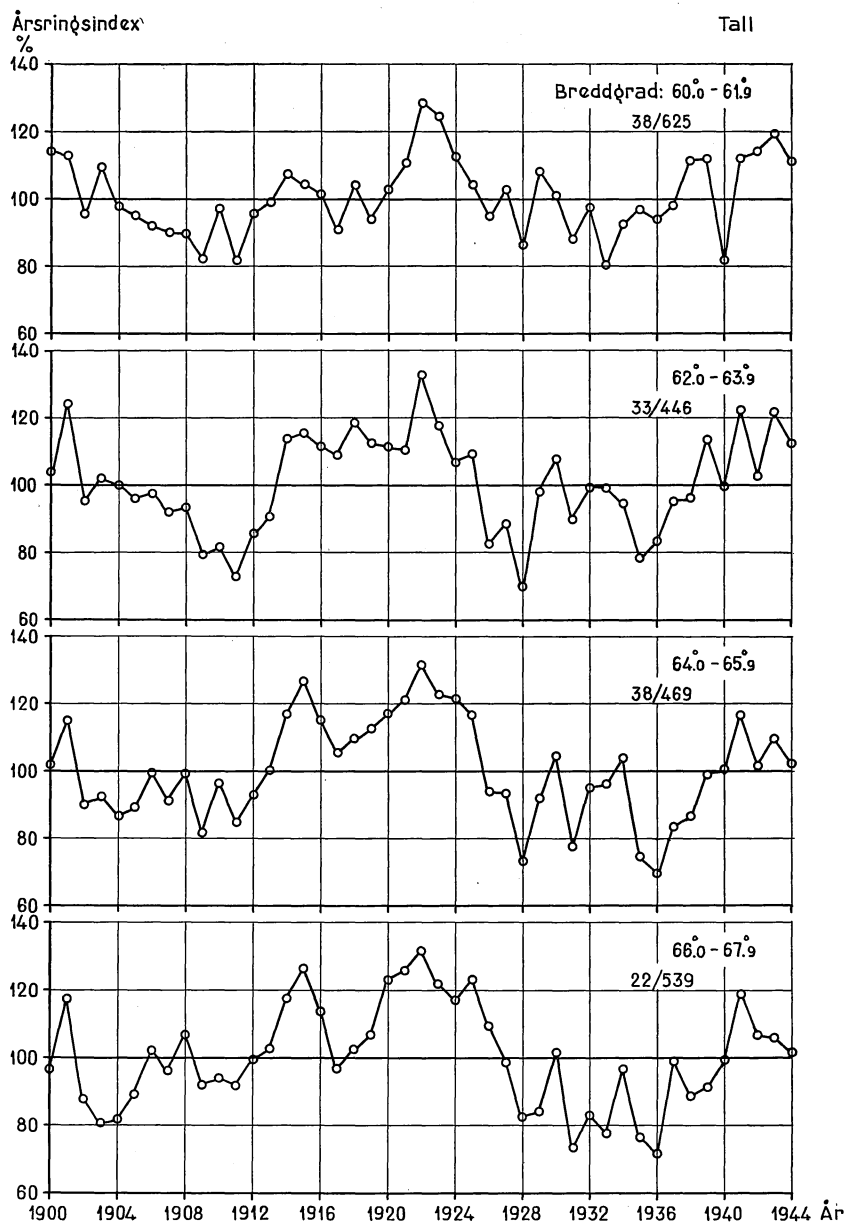


Fig. 26. Årsringsindexserier för *tall* inom olika breddgradsgrupper.
Annual ring index series for *pine* within different latitude groups.

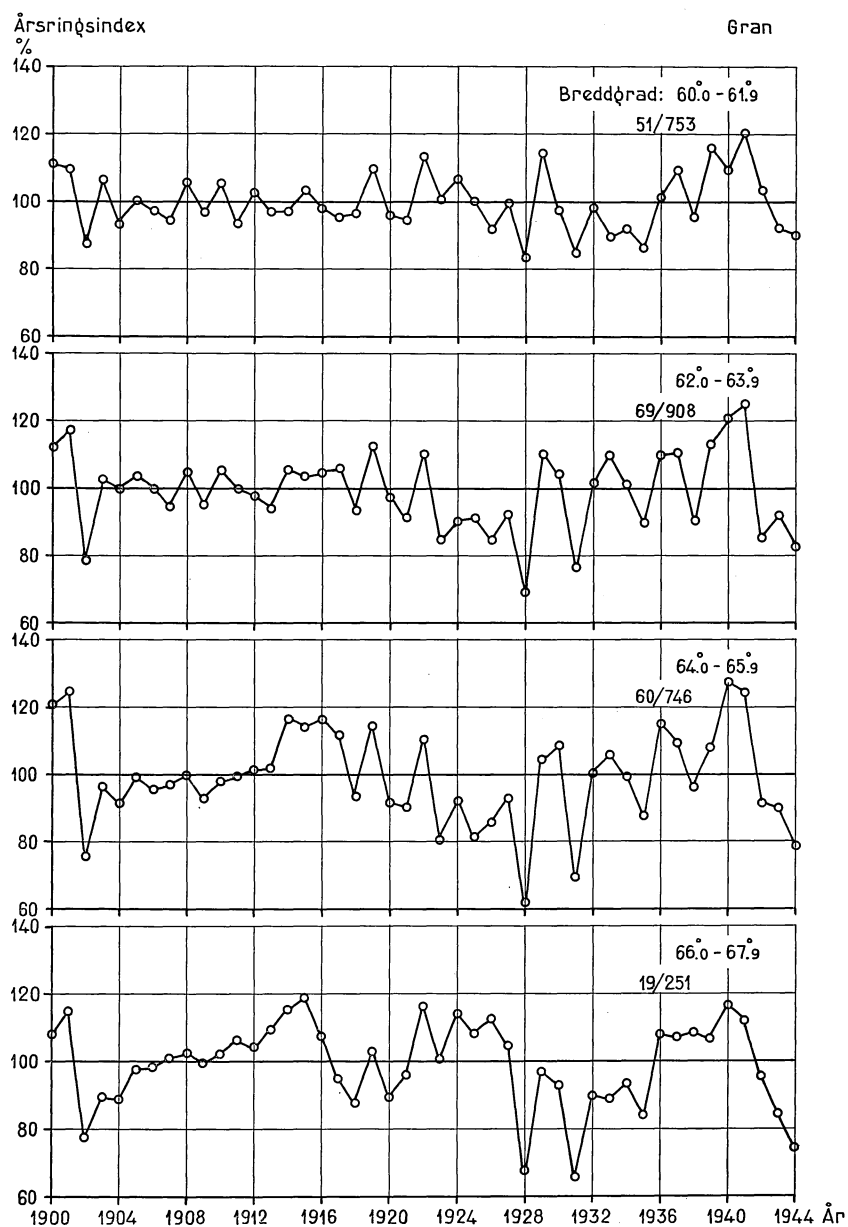


Fig. 27. Årsringsindexserier för *gran* inom olika breddgradsgrupper.
Annual ring index series for *spruce* in different latitude groups.

årsringsindexserierna, vilket särskilt framträder, då årsringsindex för olika kalenderår under tiden 1913—1927 jämföras. Det markerat gynnsamma klimatinflytande, som utmärker denna period och som kulminerar dels år 1914 dels — särskilt markant — år 1922, blir allt starkare framträdande ju nordligare läge breddgradsgruppen representerar. Ett markerat breddgradsinflytande kan följaktligen spåras i årsringsmaterialet. Denna tager sig dessutom uttryck i att årsringsindex dispersion ökar med stigande breddgrad.

Som en följd av den jämförelsevis starka autokorrelation, med vilken tallens årsringsbildning inom Norrland jämte Kopparbergs län enligt det föregående konstaterats vara förbunden, erhåller årsringsindexserien för detta trädslag vissa markerade särdrag. De successiva förändringar ifråga om årsringsindex, som framkomma vid jämförelser mellan indexserierna för de olika breddgradsgrupperna, giva oss anledning att uppställa den arbetshypotesen, att autokorrelationens styrka ändras allt efter den förändring av det geografiska läget, som redovisas av skillnaderna med avseende på breddgradsgrupp. För den skull har för de olika breddgradsgrupperna korrelationskoefficienten (r_a) uträknats för sambandet mellan det aktuella kalenderårets årsringsindex (i_t) och index för det närmast föregående kalenderåret (i_{t-1}) enligt uttrycket:

$$r_a = \frac{\sum (i_t i_{t-1}) - \frac{\sum (i_t) \times \sum (i_{t-1})}{n}}{n \times \sigma_t \times \sigma_{t-1}} \dots \dots \dots (20)$$

I formeln betecknar n antalet värdepar, som ingå i korrelationsräkningen, samt σ_t och σ_{t-1} respektive indexseriers dispersion. Med hänsyn till att den ursprungligen 45 kalenderår omfattande årsringsindexserien reduceras med ett värde i vardera delserien, nämligen årsringsindex för år 1900 i i_t -serien

Tab. 24. Autokorrelations- och autoregressionskoefficienter för årsringsindexserier av tall inom olika breddgradsgrupper.

Autocorrelation- and autoregression coefficients for annual ring index series of pine in different latitude groups.

Breddgrad, grader..... Latitude, degrees	60,0—61,9	62,0—63,9	64,0—65,9	66,0—67,9
Autokorrelationskoefficient (r_a)	+0,421 **	+0,539 ***	+0,620 ***	+0,637 ***
Autocorrelation coefficient (r_a)				
Autoregressionskoefficient (a_k)	+0,428	+0,555	+0,635	+0,652
Autoregression coefficient (a_k)				
Regressionskoefficientens medelfel (ε_{a_k})	0,138	0,130	0,119	0,117
Regression coefficients' standard error				
t -prov enligt kvoten $a_k : \varepsilon_{a_k}$	3,097 **	4,280 ***	5,320 ***	5,566 ***
t -test accordg to the quotient				

och index för år 1944 i i_{t-1} -serien, betecknar n i föreliggande fall 44 st. värdepar. Den sålunda för de olika breddgradsgrupperna uträknade autokorrelationskoefficienten framgår av ovanstående tab. 24, i vilken även den enligt formel 16 (jfr s. 52) beräknade regressionskoefficienten (a_k) för det ifråga-
varande sambandet och dennas medelfel (ε_{a_k}) redovisas.

Redan autokorrelationskoefficienterna inom de olika breddgradsgrupperna, vilkas statistiska signifikans prövats enligt det av T. W. ANDERSON (1948) föreslagna tillvägagångssättet, ger anvisning om, att hos tall årsringsindex för

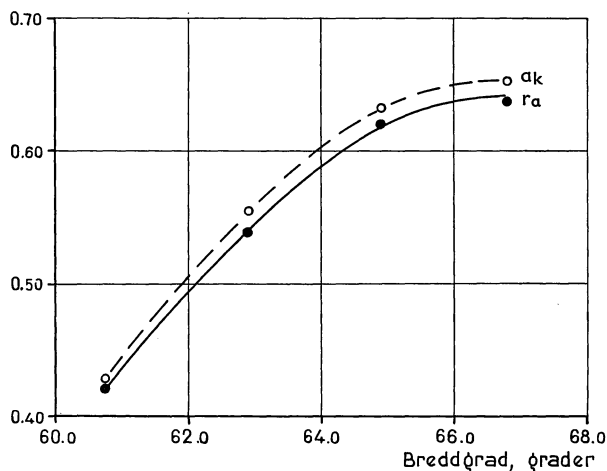


Fig. 28. Storleken av autokorrelationskoefficienten (r_a) och autoregressionskoefficienten (a_k) för tall inom olika breddgradsgrupper.
Magnitude of the autocorrelation coefficient (r_a) and autoregression coefficient (a_k) for pine in different latitude groups.

det aktuella kalenderåret uppvisar en markerad samvariation med index för det närmast föregående. Sambandet tenderar att öka i styrka och statistisk signifikans med norrligare breddgradsgrupp.

Den med stigande breddgrad allt högre autokorrelationen mellan det aktuella och närmast föregående kalenderårets index, som framgår av tab. 24 liksom även av fig. 28, synes ske lagbundet, vilket även skulle vara fallet beträffande regressionskoefficienten. Dennas förhållandevis höga medelfel inom de olika breddgradsgrupperna i förening med den relativt svaga statistiska signifikans, som visat sig föreligga vid en kovariansanalys av regressionskoefficienterna, ger emellertid anledning till försiktighet i slutsatserna härvidlag. Det förefaller dock antagligt, att en viss lagbundenhet i själva verket föreligger med avseende på den ändring, som årsringsindex i stort genomsnitt undergår med stigande breddgrad. Denna slutsats torde mera allmänt kunna

Tab. 25. Korrelationskoefficienter mellan årsringsindexserier för tall inom olika breddgradsgrupper.

Correlation coefficients between the annual ring index series for pine in different latitude groups.

Breddgradsgrupper, grader Latitude groups, degrees	Korrelationskoefficient vid kombination av de Correlation coefficient on combining the	
	ursprungliga original	från autokorrela- tion rensade adjusted for auto- correlation
	Årsringsindexserierna annual ring index series	
60,0—61,9/62,0—63,9.....	+0,695 ***	+0,675 ***
60,0—61,9/64,0—65,9.....	+0,585 ***	+0,562 ***
60,0—61,9/66,0—67,9.....	+0,522 ***	+0,402 **
62,0—63,9/64,0—65,9.....	+0,819 ***	+0,828 ***
62,0—63,9/66,0—67,9.....	+0,641 ***	+0,646 ***
64,0—65,9/66,0—67,9.....	+0,876 ***	+0,835 ***

formuleras sålunda: *Ju längre norrut man kommer, desto starkare synes hos tallen årsringsbildningen vara beroende av väderleksförhållandena under den tid, då den närmast föregående årsringen bildades.*

Om årsringsindexserierna för de olika breddgradsgrupperna »rensas» från autokorrelationens inflytande på årsringsbildningen enligt det å s. 50 angivna tillvägagångssättet, ändras ej korrelationsförhållandena i någon större utsträckning, vilket framgår av ovanstående sammanställning.

Däremot leder »rensningen» av årsringsindexserierna från autokorrelation till en dämpning av årsringsvariationerna. I viss mån redovisas detta av indexseriens dispersion, som — särskilt för de nordligaste breddgradsgrupperna — visar en påtaglig nedgång till följd av rensningen. Detta framgår av jämförelsen här nedan:

Tab. 26. Årsringsindexseriens dispersion för olika breddgradsgrupper.

Standard deviation of annual ring index series for different latitude groups.

Breddgrad, grader..... Latitude, degrees	60,0—61,9	62,0—63,9	64,0—65,9	66,0—67,9
Årsringsindex dispersion för den:				
ursprungliga årsringsindexserien, %	11,4	14,3	14,8	15,4
»rensade» » » » » »	10,2	12,1	11,6	11,8
Standard deviation of annual ring index for the original annual ring index series, %				
adjusted » » » » »				

Gran

De tre sydligaste breddgradsgrupperna äro enligt tab. 22 representerade av ett avsevärt större antal provytor och provträd av gran än av tall. Inom den nordligaste breddgradsgruppen svara 22 provytor av tall mot 19 av gran, medan antalet provträd för respektive trädslag uppgår till 539 och 251 st. varför årsringsindexserien för det senare trädslaget måste betecknas som mindre säkert bestämd.

Med undantag av breddgradsgruppen $62,0^{\circ}$ — $63,9^{\circ}$ inom vilken grupp provytorna i genomsnitt äro belägna på en höjd över havet något understigande provytematerialet för tall, representera provytorna för gran inom övriga breddgradsgrupper högre höjd över havet än provytorna för tall. Särskilt gäller detta breddgradsgruppen $64,0^{\circ}$ — $65,9^{\circ}$, där höjdskillnaden i genomsnitt uppgår till 97 m, medan inom den nordligaste breddgradsgruppen densamma utgör 56 m.

Även mellan årsringsindexserierna för gran från olika breddgradsgrupper visar sig en statistiskt signifikant samvariation (genomgående***) föreligga. På ett par undantag när är korrelationskoefficienten något högre än vid motsvarande kombinationer av tallens årsringsindexserier för olika breddgradsgrupper. Även för granens del giva korrelationsförhållandena de olika breddgradsgrupperna emellan anvisning om, att klimatet i viss mån förhållandevis likformigt präglat granens årsringsvariationer inom de relativt breda bälten av norra Sverige, som de fyra breddgradsgrupperna var för sig representera. I likhet med för tallen finner man att korrelationskoefficienten når sitt högsta värde, då årsringsindexserierna för närbelägna breddgradsgrupper jämföras sinsemellan. Utsträckes jämförelsen till att avse icke angränsande breddgradsgrupper, tenderar samvariationen att nedgå. Med granens årsringsserie för hela Norrland jämte Kopparbergs län — standardserien för gran — gör sig en stark samvariation gällande för de båda mellersta breddgradsgrupperna, varvid korrelationskoefficienten i båda fallen är praktiskt taget densamma. Däremot är standardseriens samvariation med såväl den sydligaste som den nordligaste breddgradsgruppens årsringsindexserie ej lika utpräglad.

Vid jämförelser mellan årsringsindexserierna för olika breddgradsgrupper enligt fig. 27 kan man konstatera, att årsringsindexserierna successivt något ändrar karaktär ju nordligare breddgradsgrupp serien representerar. Till följd av det relativt begränsade undersökningsmaterialet, på vilket årsringsindexserien för den nordligaste breddgradsgruppen är uppbyggd, böra emellertid densammans indexvärden ej tolkas som särskilt säkra uttryck för klimatinflytandet. Analogt med tallen undergår granens årsringsindexserier sådana successiva förändringar med stigande breddgrad, att ett visst breddgradsinflytande måste anses föreligga även för det senare trädslaget.

Årsringsindex dispersion, som enligt tab. 22 för samtliga breddgradsgrupper äro lägre för gran än inom motsvarande grupper för tall, anger att årsringsvariationerna tendera att tilltaga med stigande breddgrad. Ett undantag härvidlag utgör dock den materialmässigt sett relativt svagt underbyggda nordligaste breddgradsgruppen.

I likhet med vad som tidigare konstaterats för årsringsindexserierna för hela Norrland jämte Kopparbergs län synes granens årsringsbildning för olika breddgradsgrupper ej vara förenad med något autokorrelativt inflytande från närmast föregående kalenderår. Undersöker man nämligen autokorrelationen, erhåller man följande korrelationskoefficienter för de fyra breddgradsgrupperna:

Breddgrader, grader.....	60,0—61,9	62,0—63,9	64,0—65,9	66,0—67,9
Autokorrelationskoefficient.....	+0,002	+0,028	+0,181	+0,382 *

Statistiskt signifikant autokorrelation föreligger följaktligen endast för granens årsringsindexserie inom den nordligaste breddgradsgruppen. Då signifikansen är låg (*) och årsringsindexserien dessutom baserar sig på ett föga omfattande antal provytor och provträd, bör den konstaterade autokorrelationen ej tillmätas något mera avgörande bevisvärde. Det är dock ej helt uteslutet att inte granens årsringsbildning inom de nordligaste delarna av vårt land sker under ett visst autokorrelativt inflytande från det föregående årets tillväxt således indirekt från väderleksförhållandena under den närmast föregående vegetationsperioden.

Tall och gran

Jämförelsen mellan tallens och granens årsringsindexserier för hela Norrland jämte Kopparbergs län resulterade enligt det föregående i att den ursprungligen förhållandevis svaga samvariationen mellan de båda serierna efter rensning av tallens årsringsindexserie blev avsevärt högre och statistiskt starkare signifikant. Om man för de olika breddgradsgrupperna jämför årsringsindexserierna för tall och gran, erhåller man de korrelationskoefficienter, som redovisas inom den mittersta kolumnen i tab. 27 här nedan, medan en korrelationsräkning mellan den från autokorrelation *rensade årsringsindexserien för tall* och den *ursprungliga serien för gran* leder till de inom kolumnen längst till höger redovisade korrelationskoefficienterna.

Bortser man från den nordligaste breddgradsgruppen, där ett autokorrelativt inflytande konstaterats på såväl tallens som granens årsringsbildning, ehuru avsevärt starkare hos det förra trädslaget, medför rensningen av tallens

Tab. 27. Korrelationskoefficienter mellan årsringsindexserier för tall och gran inom olika breddgradsgrupper.

Correlation coefficients between the annual ring index series for pine and spruce in different latitude groups.

Breddgradsgrupper, grader Latitude groups, degrees	Korrelationskoefficienter vid kombination av: Correlation coefficients on combining	
	de ursprungliga årsrings- indexserierna för tall och gran the original annual ring index series for pine and spruce	den rensade årsringsindex- serien för tall och den ursprungliga för gran the adjusted annual ring index series for pine and the original series for spruce
60,0—61,9	+0,390 **	+0,450 **
62,0—63,9	+0,342 *	+0,569 ***
64,0—65,9	+0,305 *	+0,564 ***
66,0—67,9	+0,512 ***	+0,544 ***

årsringsindexserie en markerad stegring av samvariationen inom de båda mellersta breddgradsgrupperna, varvid korrelationskoefficientens statistiska signifikans ökar från * till ***. Den svaga ökningen av korrelationen för den sydligaste breddgradsgruppen är en följd av den här svaga autokorrelationen hos tallens årsringsbildning. Att korrelationskoefficienten inom den nordligaste breddgradsgruppen praktiskt taget ej ändras, sammanhänger främst med att såväl tallens som granens årsringsbildning här synes vara påtagligt autokorrelativt reglerad.

Årsringsindexserier för höjdområden

Vid sortering av provyttematerialet för bestämning av årsringsindexserier för skogsbestånd på olika höjd över havet har uppdelning skett på fyra höjdområden, nämligen < 200, 200—299, 300—399 och > 400 m. Sorteringen har därvid verkställts med utgångspunkt från den för varje enskild provyta föreliggande höjdoobservationen, vilken grundar sig på en eller medeltalet av flera barometerbestämningar av provytans höjd i förhållande till lämpligt valda fixpunkter i terrängen.

Tall

För tall äro de tre högsta höjdområdena representerade av ett påfallande lika antal provytor och provträd, medan däremot det lägsta höjdområdet är företrätt av ett avsevärt större undersökningsmaterial, vilket framgår av tab. 28. Inom det sistnämnda höjdområdet intager provyttematerialet i stort genomsnitt ett något nordligare läge än de tre övriga höjdområdena, särskilt då området 300—399 m, inom vilket tyngdpunkten av provytorna äro en dryg breddgrad sydligare belägna.

Tabell 28. Antalet provytor och provträd, konstantvärden i utjämningsfunktionen för årsringsbreddens åldersavtagande samt korrelationskoefficienter mellan årsringsindexserierna för olika höjdområden.

Number of sample plots and sample trees, values of constants in the function for age decrease in the annual ring widths and the correlation coefficients between the annual ring index series for different altitudes.

Trädslag Tree species	Höjd- område, m ö. h. Altitude, m above sea level	Antal Number of		Provytor- nas genom- snittliga Sample plots' average		Prov- trä- dens medel- ålder vid brh., år Sample trees' mean age at br. height, years	Konstantvärden i funktionen Values of constants in the function $y = a + \frac{b}{x}$		Höjdområde, m ö. h. Altitude, m above sea level				Års- rings- index' dispersion, % Stand- ard deviation of annual ring index, %		
		prov- ytor sample plots	prov- träd sample trees	bredd- grad, grader latitude, degrees	höjd ö. h., m height above sea level, m		a	b	< 200	200—299	300—399	> 400			
		st.							Korrelationskoefficienter för årsringsindexserier Correlation coefficients for annual ring index series						
Tall Pine	< 200	40	762	64,1	120	83,3	+ 12,772	+ 3 555,9	—	0,883	0,764	0,778	12,3		
	200—299	28	412	63,3	250	101,3	+ 18,672	+ 3 225,3	0,883	—	0,911	0,854	13,2		
	300—399	32	454	63,0	348	108,1	+ 8,633	+ 4 385,3	0,764	0,911	—	0,870	13,3		
	> 400	31	451	63,7	503	94,6	+ 25,505	+ 2 868,0	0,778	0,854	0,870	—	12,9		
	Samtl. All	131	2 079	63,5	294	94,6	+ 13,593	+ 3 863,3	0,905	0,948	0,887	0,914	13,1		
Gran Spruce	< 200	38	555	63,0	113	86,7	+ 20,373	+ 2 964,5	—	0,880	0,709	0,566	9,7		
	200—299	36	477	63,3	250	102,6	+ 17,622	+ 3 308,7	0,880	—	0,912	0,809	9,4		
	300—399	54	714	63,3	350	108,8	+ 19,999	+ 2 440,4	0,709	0,912	—	0,930	11,6		
	> 400	71	912	63,9	497	115,6	+ 54,250	+ 1 47,4	0,566	0,809	0,930	—	14,0		
	Samtl. All	199	2 658	63,5	339	105,2	+ 34,727	+ 1 885,5	0,769	0,917	0,940	0,914	10,8		

Korrelationskoefficienten är genomgående positiv och statistiskt signifikant enligt ***.
The correlation coefficient is positive throughout and statistically significant according to ***.

Enligt tab. 28 råder en jämförelsevis hög och statistiskt signifikant (***) samvariation mellan årsringsindexserierna för de olika höjdområdena. Årsringsvariationerna utmärkas följaktligen av ett förhållandevis synkront förlopp. I likhet med vad som konstaterats för intill varandra gränsande län och breddgradsgrupper visar sig korrelationskoefficienten antaga sitt största värde och högsta statistiska signifikans, då två på varandra följande höjdområden jämföras inbördes. Den mest utpräglade korrelationen föreligger därvid mellan årsringsindexserierna för de båda mellersta höjdområdena. Likaså är korrelationen genomgående hög mellan indexserierna för de olika höjdområdena och standardserien för hela Norrland jämte Kopparbergs län. En påtaglig samstämmighet präglar följaktligen årsringsindex variationer inom samtliga de fyra höjdområdena, vilket även framgår av årsringsindex dispersion, som är ungefär densamma för olika höjdlägen.

Tabell 29. Årsringsindex för olika höjdområden.

Annual ring index for different altitude areas.

År Year	H ö j d o m r å d e, m e t e r A l t i t u d e, m e t r e s							
	< 200		200—299		300—399		> 400	
	T r ä d s l a g T r e e s p e c i e s							
	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce
	Å r s r i n g s i n d e x, p r o c e n t A n n u a l r i n g i n d e x, p e r c e n t							
1900	103	105	108	108	107	117	101	122
1901	111	105	119	113	123	121	121	125
1902	91	82	95	84	92	80	92	77
1903	96	101	101	102	99	102	90	100
1904	92	94	92	96	94	96	87	94
1905	91	100	93	102	94	99	92	102
1906	102	102	94	99	96	95	94	96
1907	94	98	89	95	92	95	91	95
1908	101	105	90	102	95	102	98	104
1909	85	94	80	96	83	96	86	97
1910	96	109	90	104	89	100	94	100
1911	89	104	78	100	76	95	83	95
1912	98	104	91	98	87	101	95	100
1913	101	99	96	96	94	99	101	99
1914	108	98	115	103	117	108	119	115
1915	121	105	119	107	116	108	112	110
1916	109	103	112	103	110	104	110	111
1917	96	101	101	102	104	102	101	106
1918	100	95	111	94	117	95	113	92
1919	97	108	103	109	110	112	119	114
1920	109	97	112	93	112	93	122	95
1921	118	98	117	96	111	91	121	87
1922	132	123	135	116	127	108	129	103
1923	126	104	128	95	117	87	115	79
1924	120	108	117	101	109	95	107	91
1925	117	103	110	99	109	91	113	84
1926	101	99	91	95	89	87	96	82
1927	100	99	97	99	94	97	92	91
1928	86	79	82	77	73	72	70	62
1929	97	107	100	111	97	112	92	106
1930	98	91	103	101	109	107	108	107
1931	75	75	84	76	90	76	87	76
1932	87	93	97	96	101	99	96	105
1933	80	93	87	97	95	103	92	107
1934	94	94	93	96	93	99	106	98
1935	84	84	86	86	79	87	82	91
1936	80	94	82	101	82	108	80	122
1937	97	102	91	106	94	109	93	116
1938	100	100	99	96	95	92	92	93
1939	106	115	106	110	107	113	97	110
1940	92	112	91	115	98	122	95	123
1941	114	120	116	122	125	126	114	121
1942	108	98	105	95	105	90	97	87
1943	110	88	113	93	121	92	107	89
1944	101	83	105	83	114	82	102	80

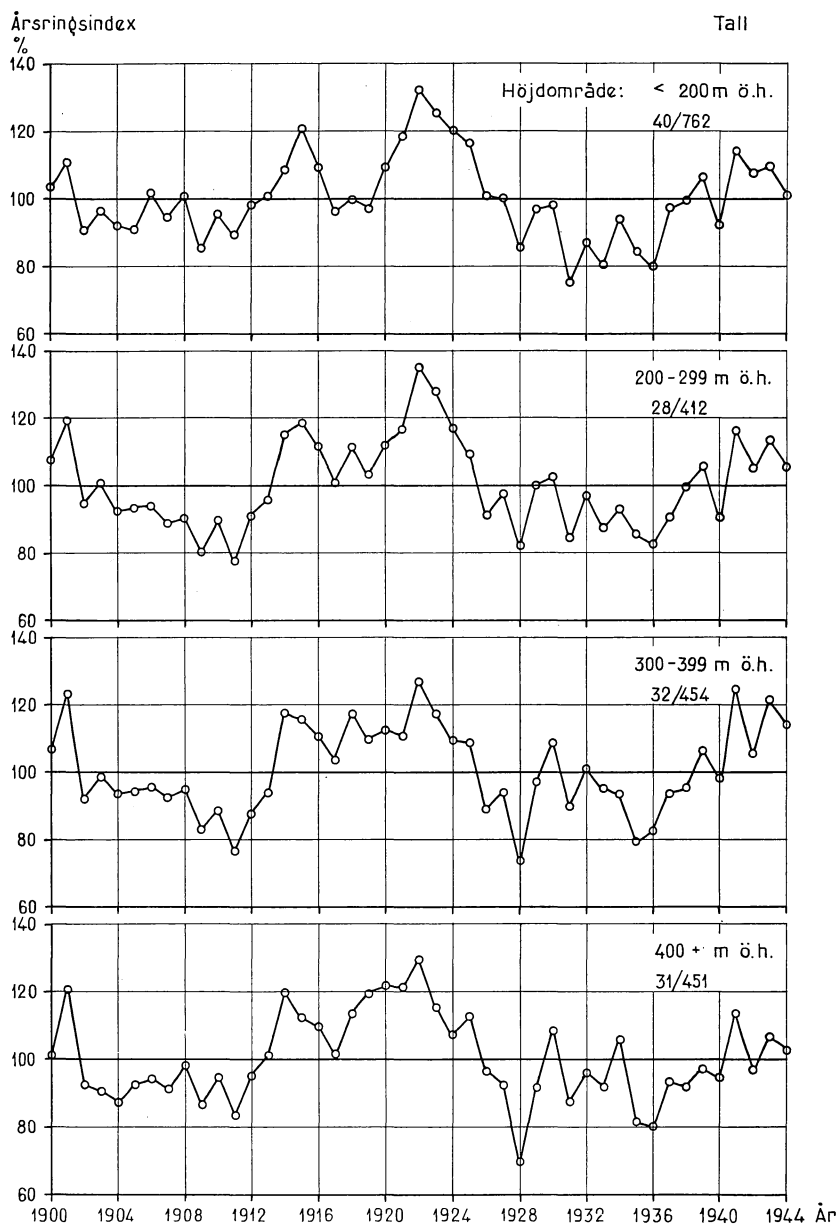
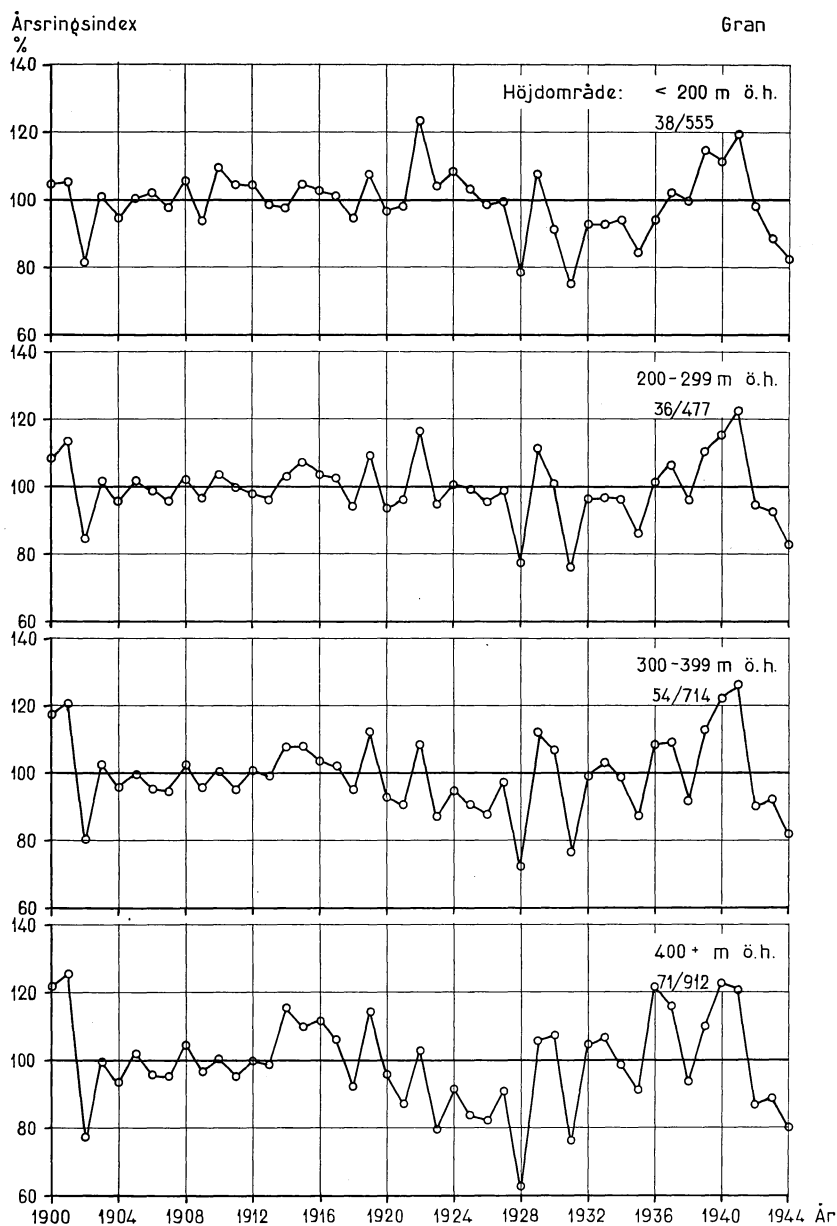


Fig. 29. Årsringsindexserier för tall inom olika höjdområden.
Annual ring index series for pine in areas at different altitudes.

En detaljerad jämförelse mellan årsringsindexserierna för olika höjdområden enligt tab. 29 eller fig. 29 leder dock till den uppfattningen, att årsringsindex synes undergå en sådan gradvis förändring med stigande höjd

Fig. 30. Årsringsindexserier för *gran* inom olika höjdområden.Annual ring index series for *spruce* in areas at different altitudes.

över havet, att det kan anses motiverat att förutsätta, att väderleken haft en något olikartad kvantitativ effekt på tallens årsringsbildning inom de olika höjdområdena.

Med stigande höjd över havet får klimatet en för skogsträdens tillväxt allt mer ogynnsam karaktär beroende på att vegetationsperiodens längd successivt blir kortare (jfr ÅNGSTRÖM, 1946, s. 35—37) och att den under densamma alstrade värmesumman minskar. För att utröna om den påtagliga autokorrelation, med vilken tallens årsringsbildning konstaterats vara förbunden och vilken tenderar att öka med stigande breddgrad, även ändras med stigande höjd över havet, har korrelationskoefficienten inom årsringsindexserierna enligt formel 20 s. 96 uträknats, varvid följande värden erhöles för de olika höjdområdena:

Höjdområde, m ö. h.	< 200	200—299	300—399	> 400
Autokorrelationskoefficient	+0,614 ***	+0,610 ***	+0,522 ***	+0,539 ***

Autokorrelationen är följaktligen hög och av stark statistisk signifikans för samtliga höjdområden. Någon statistiskt säkerställd skillnad föreligger dock ej mellan de olika korrelationskoefficienterna, varför en ändring av höjdläget ej synes återverka på autokorrelationens styrka.

För att utröna autokorrelationens styrka vid mera konstant breddgradsinflytande har för den av breddgradsgrupperna, inom vilken provträds materialet visat sig vara jämnast fördelat på de olika höjdområdena, nämligen gruppen 64,0°—65,9°, årsringsindexserier härletts för vart och ett av dessa. Korrelationskoefficienten inom de fyra indexserierna har sedan uträknats, varvid följande resultat erhöles:

Höjdområde, m ö. h.	< 200	200—299	300—399	> 400
Antal provtytor, st.	12	6	10	10
» provträd, »	149	62	131	127
Provyrtornas genomsnittliga breddgrad, grader.....	64,8	64,3	65,0	65,4
Provyrtornas genomsnittliga höjd ö. h., m.....	82	237	346	453
Autokorrelationskoefficient.....	+0,642 ***	+0,631 ***	+0,584 ***	+0,560 ***

Av ovanstående sammanställning framgår att autokorrelationens styrka ej har något egentligt samband med höjden över havet. Däremot synes enligt vad tidigare framhållits breddgraden utöva ett visst inflytande på densamma, varvid autokorrelationen tenderar att öka med stigande breddgrad.

Gran

Enligt tab. 28 representeras för gran de olika höjdområdena av ett relativt omfattande antal provtytor och provträd. Särskilt är detta fallet beträffande de båda höjdområdena 300—399 och > 400 m. Med avseende på de olika höjdområdenas genomsnittliga höjd ö. h. äro skillnaderna mellan undersök-

ningsmaterialen av tall och gran jämförelsevis obetydliga. Medan för det förra trädslaget det lägsta höjdområdet representerar den i genomsnitt nordligaste belägenheten, visar sig hos gran höjdområdet > 400 m samtidigt vara det i genomsnitt nordligaste belägna.

Vid kombination av årsringsindexserierna för olika höjdområden erhåller man korrelationskoefficienter av ungefär samma storlek som vid motsvarande kombinationer av tallens indexserier. Ett undantag härvidlag utgör dock kombinationen av höjdområdena $< 200—> 400$, som leder till avsevärt lägre korrelationskoefficient än för motsvarande kombination av tallens indexserier. Sak samma visar sig vara fallet, då korrelationsräkningen avser en jämförelse mellan årsringsindexserien för hela Norrland jämte Kopparbergs län och för höjdområdet < 200 m ö. h. Däremot råder enligt tab. 28 mycket hög samvariation mellan de tre övriga höjdområdena och standardserien. Klimatet har följaktligen påfallande likformigt påverkat granens årsringsvariationer inom samtliga höjdområden över 200 m ö. h.

I detta sammanhang förtjänar påpekas att NÄSLUND (1942, s. 32) undersökt årsringsindex variationer hos gran för tre höjdlägen inom Norrland, vilka områden dock ej voro analoga med de nu använda, utan omfattade grupperna < 299 , $300—399$ och > 400 m. Enligt NÄSLUND skulle därvid »Kurvorna ha i stort sett samma förlopp för de olika höjdlägena och sammanfalla i stor utsträckning med varandra. Det lägsta höjdläget avviker dock för vissa perioder avsevärt från de övriga grupperna, vilka inbördes överensstämma mycket väl.»

I motsats till för tall tenderar dispersionen för granens årsringsindexserier att öka med stigande höjd över havet. Enligt tab. 29 eller fig. 30 visar sig därvid årsringsindex för mera utpräglat såväl goda som dåliga växtår giva starkare accentuerat utslag ju högre höjd över havet årsringsindexserien representerar. Av fig. 30 kan tydligt utläsas, att de olika indexserierna med stigande höjdläge undergå sådana successiva förändringar inom olika avsnitt av tidsskalan, att klimatet måste ha haft en något olikartad kvantitativ effekt på granens årsringsbildning inom olika höjdområden.

En undersökning av autokorrelationen för gran inom olika höjdområden har lämnat följande resultat:

Höjdområde, m ö. h.	< 200	$200—299$	$300—399$	> 400
Autokorrelationskoefficient.....	+ 0,224	+ 0,006	+ 0,048	+ 0,178

Korrelationskoefficienten inom de olika indexserierna är genomgående låg; icke ens dess högsta värde + 0,224 antyder någon statistiskt säkerställd samvariation. Även på olika höjd över havet sker följaktligen granens årsringsbildning — i motsats till tallens — relativt oberoende av det föregående kalenderårets karaktär av växtår, sådant denna registrerats av årsringsindex.

Årsringsindexserier för boniteter

Sedan vi nu bildat oss en viss uppfattning om hur det geografiska läget återverkar på tallens och granens klimatiskt betingade årsringsvariationer, skola vi i fortsättningen något uppehålla oss vid, hur dessa påverkas av några olika ståndortskaraktärer. Härvid har i första hand bonitetens inflytande på tallens och granens årsringsvariationer studerats. För den skull har årsringsmaterialet sorterats på följande fem bonitetsklasser, nämligen II—III, IV, V, VI och VII—VIII, varefter på vanligt sätt årsringsindexserier härletts för var och en av dessa klasser. Boniteringen av varje enskild provyta har utförts med ledning av beståndets ålder och medelhöjd i enlighet med de av JONSON upprättade åttagradiga boniteringstabellerna. Vid genomgång av provytematerialet visade det sig, att ingen enda provyta åsatts den högsta bonitetsgraden, således bonitet I. Då till bonitet II endast hänförs ett jämförelsevis ringa antal provytor, har det ansetts motiverat, att behandla årsringsmaterialet från provytor tillhörande boniteterna II och III som en grupp. Med hänsyn till att även den lägsta bonitetsgraden är sparsamt representerad i undersökningsmaterialet, har det ansetts fördelaktigt att sammanföra årsringsmaterialet från boniteterna VII och VIII i en grupp, som följaktligen representerar provytor från skogsmarkerna med den lägsta produktionsförmågan.

Tall

Av tab. 30 framgår att årsringsindexserien för såväl bonitetsklassen II—III som VII—VIII är representerad av ett relativt ringa antal provytor och provträd, varför dessa båda serier måste betecknas som mindre representativa än de för övriga tre bonitetsklasser föreliggande, vilka serier vardera grunda sig på samma antal provytor, nämligen 35 st. Antalet provträd visar dock en viss koncentration till bonitet V. Man torde emellertid kunna räkna med, att årsringsindexserierna för de tre mellersta bonitetsklasserna äro bestämda med ungefär samma grad av säkerhet.

Med avseende på den med ledning av provytematerialet konstaterade genomsnittliga breddgraden och höjden över havet föreligga enligt tab. 30 vissa påtagliga skillnader de olika bonitetsklasserna emellan. Om man bortser från bonitetsklass IV, som enligt provytorna intager ett i genomsnitt något sydligare läge än bonitetsklass II—III, visar sig den genomsnittliga breddgraden stiga med sjunkande bonitet. Samtidigt intaga de båda nyssnämnda bonitetsklasserna en påtagligt lägre genomsnittlig höjd över havet än de tre övriga, vilkas höjd över havet föga differera.

Korrelationskoefficienten mellan de olika årsringsindexserierna (jfr tab. 30) ger tydlig upplysning om, att samvariationen mellan dessa är störst, då två på varandra följande bonitetsklasser jämföras inbördes. Sålunda visar års-

Tabell 30. Antalet provytor och provträd, konstantvärden i utjämningsfunktionen för årsringsbreddens åldersavtagande samt korrelationskoefficienter mellan årsringsindexserierna för olika boniteter.

Number of sample plots and sample trees, values of constants in the function for age decrease in the annual ring widths and the correlation coefficients between the annual ring index series for different site classes.

Trädslag Tree species	Bonitets- klass enligt Jonson Site class according to Jonson	Antal Number of		Provytor- nas genom- snittliga Sample plots' average		Provträdens medel- ålder vid brh, år Sample trees' mean age at br. height, years	Konstantvärden i funktionen Values of constants in the function $y = a + \frac{b}{x}$		Bonitetsklass enligt Jonson Site class according to Jonson					Årsrings- index' dispersion, % Standard deviation of annual ring index, %			
		prov- ytor sample plots	prov- träd sample trees	bredd- grad, grader latitude, degrees	höjd ö. h., m height above sea level, m		II— III	IV	V	VI	VII— VIII						
		st.										Korrelationskoefficienter för årsringsindexserier Correlation coefficients for annual ring index series					
		a	b														
Tall Pine	II—III IV V VI VII— VIII Samtl. All	12 35 35 35 14 131	155 514 627 579 204 2 079	62,7 62,1 63,6 64,6 64,9 63,5	257 263 315 308 319 294	86,0 89,1 94,4 101,1 96,2 94,6	+ 17,296 + 23,969 + 9,952 + 10,697 + 11,202 + 13,593	+ 3 760,9 + 3 182,3 + 3 858,7 + 3 973,4 + 3 300,9 + 3 863,3	— 0,881 0,685 0,666 0,519 0,752	0,881 — 0,758 0,733 0,619 0,827	0,685 0,758 — 0,954 0,921 0,948	0,666 0,733 — 0,954 0,927 0,939	0,519 0,619 0,921 0,927 — 0,911	13,8 12,3 12,3 13,4 16,2 13,1			
Gran Spruce	II—III IV V VI VII— VIII Samtl. All	36 59 46 37 21 199	494 841 635 420 268 2 658	62,6 62,6 63,7 64,7 64,8 63,5	271 301 341 398 450 339	95,9 97,5 115,4 112,1 111,5 105,2	+ 20,982 + 22,220 + 31,637 + 47,085 + 43,562 + 34,727	+ 3 913,1 + 2 511,9 + 1 530,1 + 238,5 + 292,5 + 1 885,5	— 0,921 0,863 0,838 0,719 0,893	0,921 — 0,928 0,886 0,784 0,932	0,863 0,928 — 0,945 0,868 0,942	0,838 0,886 0,945 — 0,931 0,933	0,719 0,784 0,945 — — 0,860	9,9 9,8 11,5 13,0 15,0 10,8			

Korrelationskoefficienten är genomgående positiv och statistiskt signifikant enligt ***.
The correlation coefficient is positive throughout and statistically significant according to ***.

ringsindexserien för bonitetsklass II—III den största överensstämmelsen med bonitet IV, varefter samvariationen successivt avtager i styrka, då jämförelsen i stället avser bonitetsklass II—III kontra de övriga boniteterna i tur och ordning. Mellan standardserien för hela Norrland jämte Kopparbergs län och årsringsindexserierna för de tre lägsta bonitetsklasserna råder mycket hög samvariation, medan denna däremot avtager i styrka, då standardserien kombineras med årsringsindexserien för bonitet IV och särskilt då för bonitetsklassen II—III.

Då årsringsindexserierna enligt tab. 31 eller fig. 31 jämföras sinsemellan, finner man, att vissa skillnader föreligga de olika serierna emellan. Det ligger

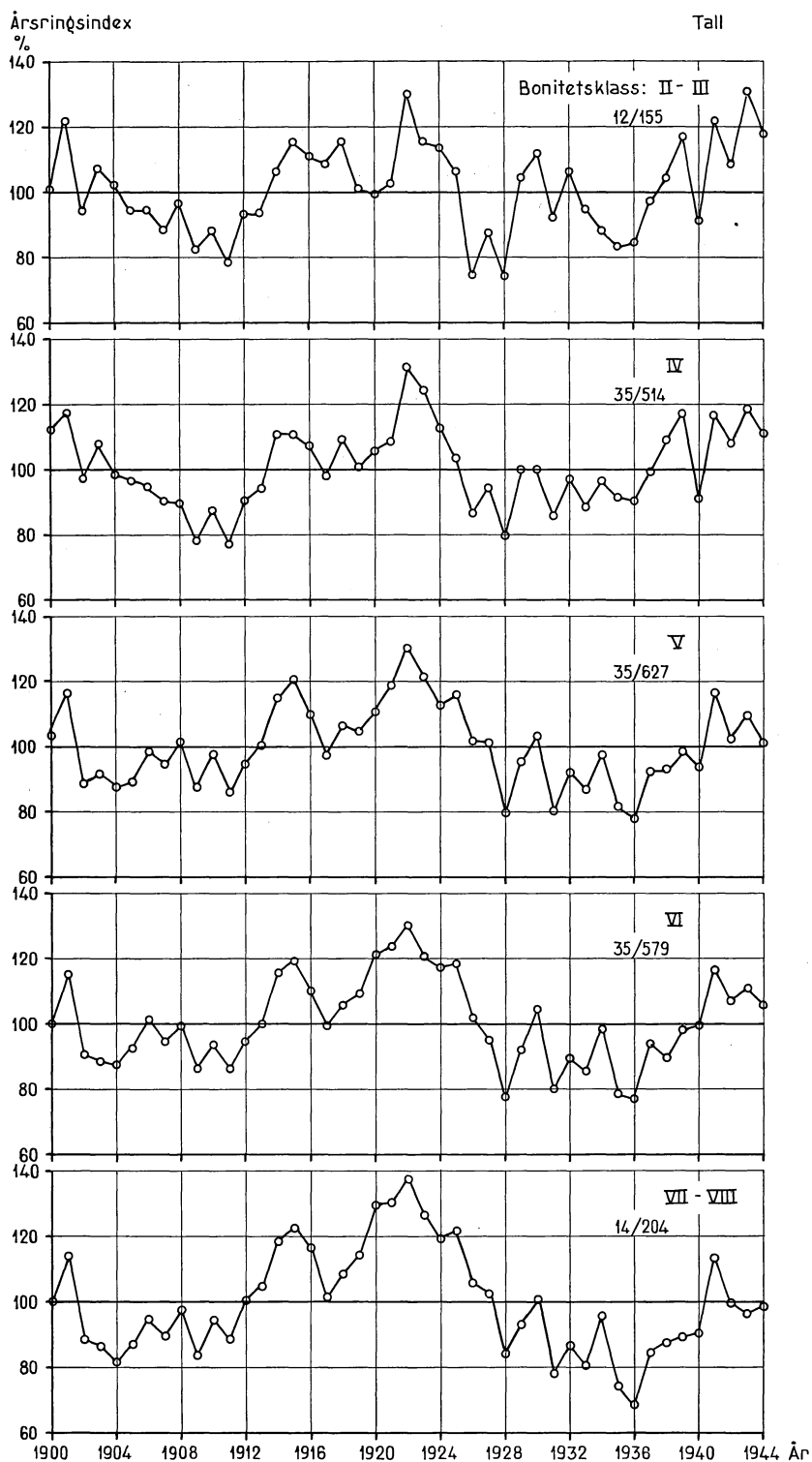


Fig. 31. Årsringsindexserier för *tall* på olika boniteter.
Annual ring index series for *pine* in different site classes.

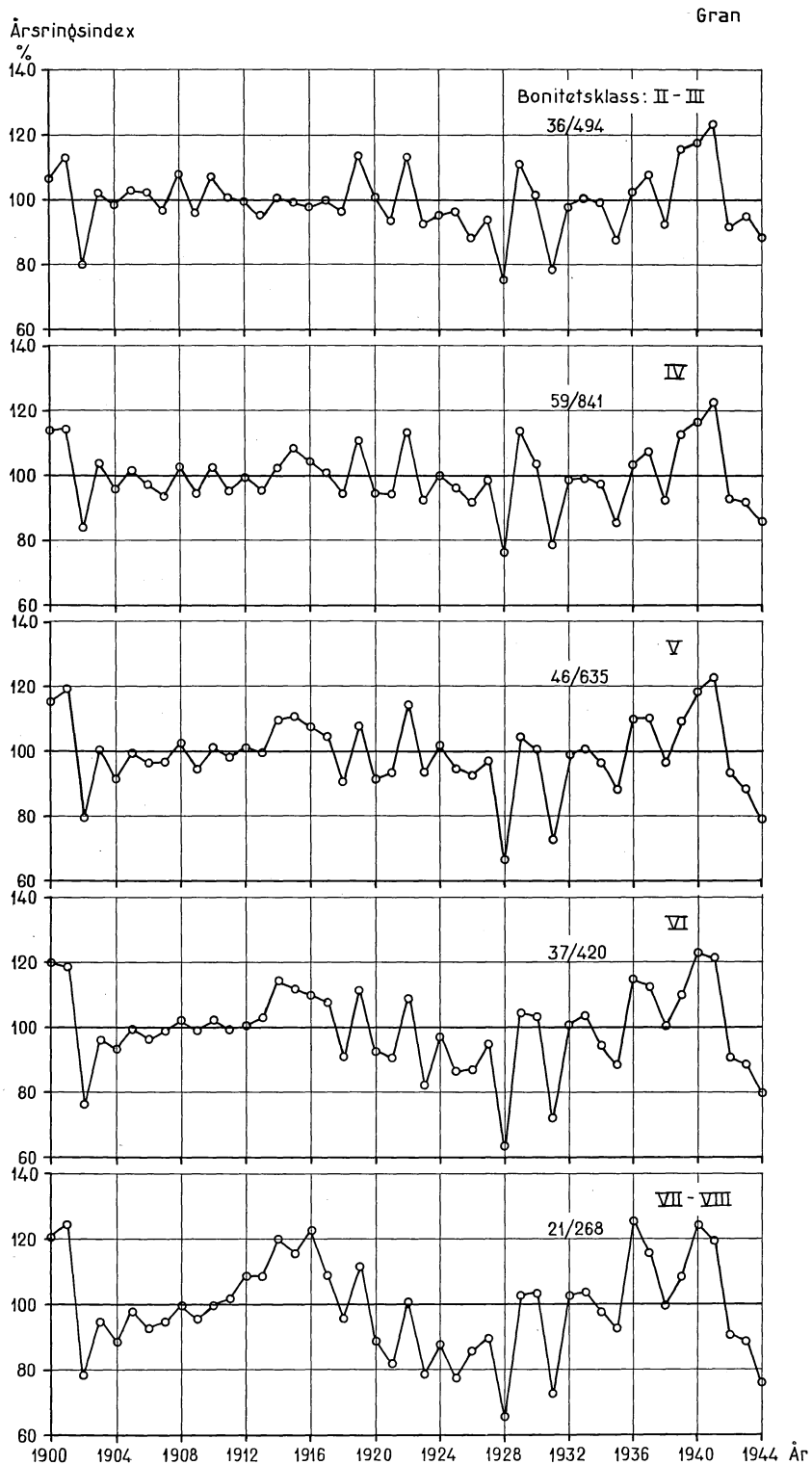


Fig. 32. Årsringsindexserier för gran på olika boniteter.

Annual ring index series for spruce in different site classes.

Tabell 31. Årsringsindex för olika boniteter.
Annual ring index for different site classes.

År Year	B o n i t e t s k l a s s S i t e c l a s s									
	II—III		IV		V		VI		VII—VIII	
	T r ä d s l a g T r e e s p e c i e s									
	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce
	Å r s r i n g s i n d e x , p r o c e n t A n n u a l r i n g i n d e x , p e r c e n t									
1900	101	106	112	114	103	115	100	120	100	121
1901	122	113	118	114	116	119	115	119	114	124
1902	94	80	97	84	89	80	91	76	89	78
1903	107	102	108	104	92	101	89	96	86	95
1904	102	99	98	96	88	92	88	93	82	89
1905	94	103	97	101	89	99	92	99	87	98
1906	95	102	95	97	98	96	101	96	95	93
1907	88	97	90	93	94	97	94	99	90	95
1908	97	108	90	102	101	103	100	102	97	99
1909	83	96	78	94	88	94	86	99	84	95
1910	88	107	88	102	98	101	94	102	94	99
1911	78	100	77	95	86	98	86	99	88	102
1912	93	100	91	99	95	101	95	100	100	109
1913	94	95	94	95	101	100	100	103	105	109
1914	106	101	111	102	115	110	115	114	119	120
1915	116	99	111	108	121	111	119	112	123	115
1916	111	98	107	105	110	108	110	110	117	122
1917	109	100	98	101	97	105	100	108	101	109
1918	116	96	109	94	107	91	106	91	109	96
1919	101	114	101	111	105	108	109	111	114	112
1920	99	100	106	95	111	92	121	93	130	89
1921	103	94	109	94	119	93	124	90	130	82
1922	130	113	131	113	130	114	130	109	137	101
1923	116	92	124	92	121	93	121	82	126	78
1924	114	95	113	100	113	102	117	97	119	88
1925	106	97	103	96	116	95	119	86	122	77
1926	75	88	86	92	102	92	102	87	106	85
1927	88	94	94	98	101	97	95	95	102	89
1928	74	75	80	76	80	67	77	64	84	66
1929	104	111	100	113	96	104	92	104	93	103
1930	112	101	100	103	103	100	105	103	101	103
1931	93	79	86	79	80	73	80	72	78	73
1932	106	98	97	99	92	99	90	100	87	102
1933	95	100	89	99	87	101	85	103	81	104
1934	88	99	97	98	98	96	98	94	96	97
1935	83	88	91	85	82	88	79	89	74	92
1936	85	103	90	104	78	110	77	115	69	125
1937	98	108	100	107	93	110	94	112	85	116
1938	105	92	109	92	93	97	90	100	88	99
1939	117	116	117	113	99	109	98	110	89	108
1940	92	118	91	116	94	118	99	123	91	124
1941	122	123	117	122	117	123	117	122	113	119
1942	109	92	108	93	103	93	107	91	100	91
1943	131	95	119	92	110	88	111	88	96	88
1944	118	88	111	86	101	79	106	80	99	76

då nära till hands att tolka detta som ett utslag för att årsringsbreddens klimatiskt betingade variation i viss mån skulle vara beroende av skogsmarkens bonitet. En jämförelse mellan de ifrågavarande indexserierna och årsringsindexserierna för den breddgradsgrupp och det höjdområde, som närmast svarar mot bonitetsklassens genomsnittliga breddgrad och höjd över havet enligt tab. 30, leder emellertid till den slutsatsen, att *årsringsbreddens klimatiskt betingade variationer hos tallen synas äga rum relativt oberoende av boniteten*. De skillnader, som framträda mellan årsringsindexserierna för de olika bonitetsklasserna och som stundom äro påtagliga, kunna nämligen i viss utsträckning förklaras av olikheterna i fråga om de olika bonitetsklassernas genomsnittliga geografiska läge och höjd över havet.

Som framgår av tab. 30 tenderar årsringsindex dispersion att något öka med sjunkande bonitet och således utmärkas av samma tendens, som tidigare konstaterats för dispersionen inom de olika breddgradsgrupperna. Även i detta fall måste man räkna med, att det är den med sjunkande bonitet successiva förskjutningen av provytematerialets tyngdpunkt mot allt nordligare läge, som i första hand förorsakar en stegring av årsringsindex dispersion.

Gran

För granens del är antalet provytor och provträd koncentrerat till bonitetsklasserna IV och V, men även bonitetsklasserna II—III och VI äro företrädade av ett förhållandevis stort antal provytor och provträd. I likhet med för tall är bonitetsklassen VII—VIII representerad av det proportionsvis minst omfattande undersökningsmaterialet. Med avseende på provytematerialets genomsnittliga breddgrad råder analoga förhållanden med vad som framhållits för tall, nämligen att sjunkande bonitet är förbunden med en successiv förskjutning av provytematerialets tyngdpunkt mot nordligare breddgrad. Jämför man bonitetsklassvis provytornas genomsnittliga höjd över havet, finner man att provytematerialet av gran i genomsnitt representerar en högre höjd över havet än provytorna för tall. Särskilt är detta fallet beträffande bonitetsklasserna VI och VII—VIII. Med sjunkande bonitet stegras provytornas genomsnittliga höjd över havet proportionsvis starkare för gran än för tall.

Tab. 30 anger, att korrelationsförhållandena mellan granens årsringsindexserier för olika bonitetsklasser i stort sett äro analoga med de för tall konstaterade, så till vida att samvariationen successivt avtager i styrka, då årsringsindexserien för t. ex. bonitetsklass II—III genom korrelationsräkning jämföres med indexserierna för de fyra lägre bonitetsklasserna i tur och ordning.

En förhållandevis vacker överensstämmelse visar sig föreligga mellan årsringsindexserierna för de olika bonitetsklasserna och det ifrågavarande trädslagets standardserie för hela Norrland jämte Kopparbergs län. Samvariationen är därvid starkare utpräglad för tall än för gran.

En jämförelse mellan årsringsindexserierna för de olika bonitetsklasserna enligt tab. 31 eller fig. 32 antyder, att om också årsringsindex variationer utmärkas av en hög synkronism vissa olikheter göra sig gällande beträffande kalenderårens kvantitativa effekt på årsringsbildningen. I likhet med för tall förorsakas sannolikt dessa olikheter främst av skiljaktigheterna mellan de olika bonitetsklasserna med avseende på genomsnittlig breddgrad och höjd över havet. Även i detta fall får antagandet härvidlag stöd i jämförelser mellan årsringsindexserierna för å ena sidan olika bonitetsklasser å andra sidan skilda breddgradsgrupper och höjdområden. Man torde därför kunna räkna med att även hos gran årsringsbreddens klimatiskt betingade variation sker oberoende av boniteten. *Det bör uttryckligen understrykas, att denna slutsats uteslutande avser de av klimatet förorsakade variationerna i årsringsbredd och ej av den absoluta årsringsbredden, som givetvis i hög grad är beroende av boniteten.*

Årsringsindex dispersion är enligt tab. 30 lägst inom bonitetsklasserna II—III och IV, för vilka den genomsnittliga breddgraden är densamma men en viss skillnad ifråga om höjd över havet föreligger. Analogt med vad som konstaterats för tallen ökar även för gran årsringsindex dispersion med sjunkande bonitet, ehuru mera regelmässigt och starkare accentuerat. Av allt att döma är därvid dispersionens ökning förorsakad av det successivt ändrade breddgradsinflytandet.

Årsringsindexserier för slutenhetsgrader

I samband med upprättandet av beskrivningen över beståndet på provytorna i orörd skog bedömdes även slutenheten. Detta skedde ur biologisk synpunkt, varvid enligt den föreliggande instruktionen för produktionsundersökning i orörd skog »ett bestånd anses slutet, när de enskilda trädens kronor gripa in i varandra eller beröra varandra så, att marken överallt är beskuggad». I enlighet med instruktionen skulle följande slutenhetsgrader användas: »mycket glest», »glest», »fullslutet», »överslutet» och »starkt överslutet».

Beståndet på provytorna åsattes följaktligen slutenhetsgrad på rent subjektiva grunder vid fältarbetet, vilket närmast skedde för att — som i föreliggande fall — möjliggöra en grovsortering av undersökningsmaterialet. En på rent objektiva grunder baserad slutenhet beräknas sedermera komma att åsättas provytorna i samband med den taxatoriska bearbetningen av observationsmaterialet.

Vid sorteringen av provytematerialet konstaterades att de båda slutenhetsgraderna »mycket glest» och »starkt överslutet» voro representerade av ett proportionsvis så ringa antal provytor, nämligen den förstnämnda slutenhetsgraden av 8 provytor i tall- och 14 i granskog, den senare av endast 5 provytor

av vardera trädslaget, att det ansågs motiverat att sammanföra årsringsmaterialet för »mycket glest» med slutenhetsgraden »glest» och »starkt överslutet» med årsringsmaterialet för slutenhetsgraden »överslutet».

Tall

Som framgår av tab. 32 omfattar uppdelningen på de tre kvarstående slutenhetsgraderna inalles 117 provytor med 1 766 st. provträd, medan för tall samtliga redan behandlade uppdelningar avse hela undersökningsmaterialet d. v. s. 131 provytor med sammanlagt 2 079 provträd. Skillnaden i antal, således 14 provytor med 313 provträd, har uppkommit till följd av att dessa måst uteslutas, sedan det visat sig, att slutenheten ej angivits entydigt vid

Tabell 32. Antalet provytor och provträd, konstantvärden i utjämningsfunktionen för årsringsbreddens åldersavtagande samt korrelationskoefficienter mellan årsringsindexserier för olika slutenheter.

Number of sample plots and sample trees, values of constants in the function for age decrease in the annual ring widths and the correlation coefficients between the annual ring index series for different densities.

Trädslag Tree species	Slutenhetsgrad Degree of density	Antal Number of		Provytornas genom- snittliga Sample plots' average		Provträdens medel- ålder vid brh., år Sample trees' mean age at br. height, years	Konstantvärden i funktionen Value of constants in the function $y = a + b x$		Slutenhetsgrad Degree of density			Årsrings- index' dispersion, % Standard deviation of annual ring index, %
		prov- ytor sample plots	prov- träd sample trees	bredd- grad, grader latitude, degrees	höjd ö. h., m height above sea level, m		Glest Thin	Full- slutet Full density	Över- slutet Over- dense			
st.		Korrelationskoefficienter för årsringsindexserier Correlation coefficients for annual ring index series										
Tall Pine	Glest..... Thin	33	426	63,5	335	112,4	+ 14,739	+ 4 759,0	—	0,950	0,833	12,3
	Fullslutet .. Full density	62	1 027	63,9	277	92,0	+ 9,391	+ 3 689,2	0,950	—	0,859	12,8
	Överslutet.. Overdense	22	313	62,2	282	91,8	+ 37,011	+ 2 356,1	0,833	0,859	—	11,5
	Samtliga All	117	1 766	63,5	294	194,6	+ 13,593	+ 1 386,3	10,948	10,960	10,853	113,1
Gran Spruce	Glest.....	72	885	64,1	369	116,2	+ 45,709	+ 650,7	—	0,947	0,874	11,7
	Fullslutet ..	81	1 136	63,3	344	106,9	+ 26,115	+ 2 563,4	0,947	—	0,917	11,1
	Överslutet.. Overdense	32	436	62,5	279	91,8	+ 11,578	+ 2 767,1	0,874	0,917	—	9,4
	Samtliga	185	2 457	63,5	343	105,2	+ 134,727	+ 1 885,5	10,945	10,953	10,894	110,8

Korrelationskoefficienten är genomgående positiv och statistiskt signifikant enligt ***.

The correlation coefficient is positive throughout and statistically significant according to ***.

¹ Uppgiften avser hela undersökningsmaterialet för Norrland jämte Kopparbergs län.

¹ The data relate to the whole of the investigation material for Norrland and Kopparberg Province.

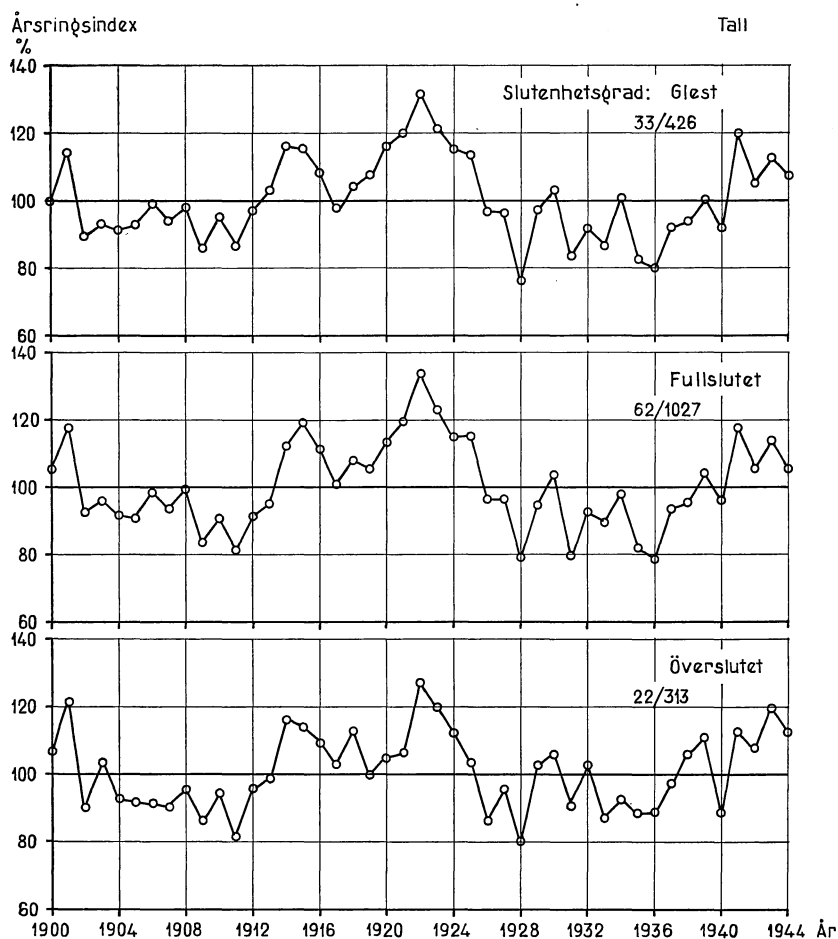


Fig. 33. Årsringsindexserier för *tall* i bestånd av olika slutenhet.

Annual ring index series for *pine* in stands of varying density. Similarly to Fig. 34, the diagram—reckoned from the top—represents the three following degrees of density: thin, full density and overdense.

fältarbetet. Sålunda ha 8 provvytor åsatts slutenheten »glest-fullslutet» och 6 slutenheten »fullslutet-överslutet».

Oaktat att i slutenhetsgraden »glest» även ingår årsringsmaterialet från slutenhetsgraden »mycket glest», är antalet provvytor och provträäd inom denna avsevärt lägre än inom slutenhetsgraden »fullslutet», som representeras av mer än halva antalet provvytor och provträäd. Även slutenhetsgraden »överslutet», i vilken för övrigt årsringsmaterialet från provvytorna i de starkt överslutna bestånden ingår, är materialmässigt sett avsevärt svagare representerad än slutenhetsgraden »fullslutet».

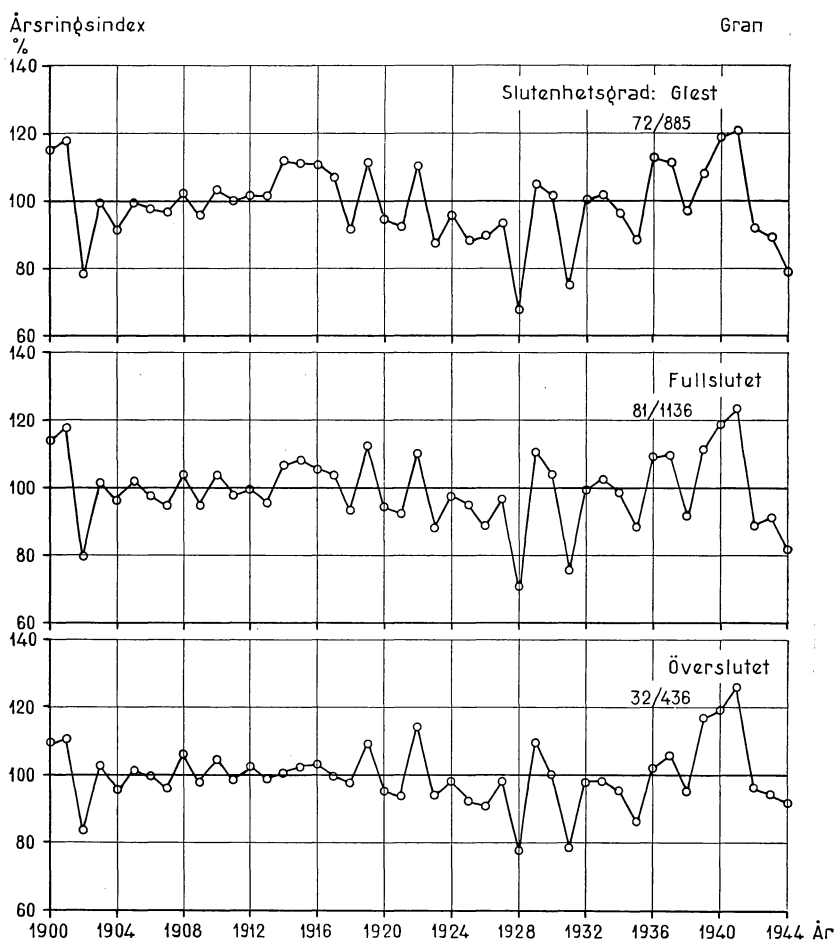


Fig. 34. Årsringsindexserier för *gran* i bestånd av olika slutenhet.
Annual ring index series for *spruce* in stands of varying density.

Provytematerialet från de överslutna bestånden karaktäriseras av ett i genomsnitt sydligare läge än provytematerialet för de båda övriga slutenhetsgraderna, av vilka provytorna för de fullslutna bestånden uppvisa det nordligaste läget. Provytorna i de glesa bestånden karaktäriseras däremot av den högsta genomsnittliga höjden över havet, nämligen 335 m, medan höjdläget för provytorna i de fullslutna och överslutna bestånden uppgår till 277 och 282 m respektive.

Av tab. 32 kan utläsas att samvariationen mellan årsringsindexserierna för de tre slutenhetsgraderna genomgående är hög, dock särskilt markant för

kombinationen »glest» och »fullslutet», således de av slutenhetsgraderna för vilka den största överensstämmelsen råder i fråga om breddgrad. Årsringsindexserien för slutenhetsgraden »överslutet», som representerar det i genomsnitt sydligaste läget, karakteriseras däremot av lägre samvariation med de nyssnämnda slutenhetsgraderna än som visat sig vara fallet mellan dessa. Årsringsindexserierna för såväl slutenhetsgraden »glest» som »fullslutet» utmärkas av en med standardserien för hela Norrland jämte Kopparbergs län mycket hög samvariation. Då årsringsindexserien för slutenhetsgraden »överslutet» kombineras med standardserien blir visserligen samvariationen något lägre men är alltså mycket hög.

Årsringsindex dispersion är enligt tab. 32 ungefär densamma för samtliga slutenhetsgrader, ehuru lägst för den i genomsnitt sydligast orienterade, nämligen slutenhetsgraden »överslutet».

Enligt fig. 33 äro likheterna mellan årsringsindexserierna mycket iögonfallande, då slutenhetsgraderna »glest» och »fullslutet» jämföras inbördes. Årsringsindexserien för slutenhetsgraden »överslutet» uppvisar ej fullt lika utpräglad detaljöverensstämmelse med de båda övriga slutenhetsgraderna, som då dessa jämföras sinsemellan. Skillnaderna äro emellertid ej större, än att de i viss utsträckning kunna betraktas som förorsakade av olikheterna med avseende på provyttematerialets något skiljaktiga geografiska orientering. *Man torde därför kunna räkna med att beståndets slutenhet ej utövar något egentligt inflytande på årsringsbreddens klimatiskt betingade variation hos tall.*

Gran

För gran äro enligt tab. 32 de tre slutenhetsgraderna representerade av inalles 185 provytor med 2 457 provträd, medan däremot 199 provytor med 2 658 provträd ingå i samtliga de tidigare utförda jämförelserna mellan granens årsringsindexserier för olika geografiska områden och ståndortskaraktärer. Även i detta fall är skillnaden förorsakad av bristande entydighet beträffande den vid fältarbetet åsatta slutenheten. Av de som »mycket glesa» och »starkt överslutna» rubricerade provytorna ingå 9 av de förra i slutenhetsgraden »glest» och 5 st. av de senare i slutenhetsgraden »överslutet».

Årsringsindexserierna för samtliga de tre slutenhetsgraderna äro för gran baserade på ett avsevärt större antal provytor och provträd än i motsvarande fall för tall. I likhet med för detta trädslag visa sig de överslutna bestånden av gran intaga den i genomsnitt sydligaste belägenheten i förening med den lägsta höjden över havet. I motsats till tallen äro däremot de glesa bestånden av gran i genomsnitt belägna längre mot norr. Slutenhetsgraden »glest» intager därjämte den högsta genomsnittliga höjden över havet. Jämfört med slutenhetsgraden »överslutet» föreligger därvid en breddgradsskillnad av 1,6° och en skillnad i höjdläge av 90 m.

Tabell 33. Årsringsindex för olika slutenheter och skogsmarker av olika fuktighetsgrader.

Annual ring index for different densities and forest land with different degrees of moisture.

År Year	S l u t e n h e t Density						Skogsmarkens fuktighetsgrad Forest lands' degree of moisture				
	Glest Thin		Fullslutet Full density		Överslutet Overdense		Torra Dry		Översilade Well drained moister		Stagn. vatten Stag- nant water
	T r ä d s l a g T r e e s p e c i e s										
	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	tall pine	gran spruce	gran spruce
	Å r s r i n g s i n d e x , p r o c e n t A n n u a l r i n g i n d e x , p e r c e n t										
1900	100	115	105	114	107	109	105	114	107	107	117
1901	114	118	117	118	121	110	114	113	120	114	111
1902	89	78	93	80	90	84	90	81	92	80	78
1903	93	100	96	101	103	103	92	99	102	99	90
1904	91	91	92	96	93	96	88	92	95	94	81
1905	93	99	91	102	92	101	91	97	96	100	88
1906	99	98	98	98	92	100	101	96	98	97	88
1907	94	97	93	95	90	96	94	99	91	94	88
1908	98	102	99	104	96	106	98	99	94	104	98
1909	86	96	83	95	86	98	84	93	81	96	99
1910	95	103	91	104	94	105	94	105	86	105	104
1911	87	100	81	98	81	98	87	102	73	102	94
1912	97	102	91	99	96	103	97	107	89	103	102
1913	103	101	95	95	99	99	101	102	94	102	113
1914	116	112	112	106	116	100	113	107	109	114	131
1915	115	111	119	108	114	102	121	113	113	110	128
1916	108	111	111	105	109	103	111	108	115	106	121
1917	98	107	100	104	103	99	96	101	110	104	120
1918	104	92	108	93	113	98	102	93	125	94	99
1919	108	111	105	112	100	109	106	106	123	112	127
1920	116	95	113	94	105	95	118	87	118	101	106
1921	120	92	119	92	106	94	121	92	111	97	108
1922	131	110	133	110	127	114	130	116	125	113	117
1923	121	87	123	88	120	94	122	95	116	93	90
1924	115	96	115	97	112	98	117	108	110	95	97
1925	114	88	115	95	103	92	119	95	103	96	89
1926	97	90	97	89	86	91	105	96	79	91	82
1927	96	93	96	96	95	98	101	103	86	92	86
1928	76	67	79	71	80	78	84	75	72	70	63
1929	97	105	95	111	103	110	96	108	90	103	100
1930	103	102	103	104	106	100	100	98	100	99	92
1931	84	75	79	75	90	79	77	75	81	71	71
1932	92	101	93	99	102	98	86	95	93	95	97
1933	86	102	89	102	87	98	83	93	92	100	107
1934	101	96	98	99	92	95	93	92	97	100	92
1935	83	88	82	88	89	86	78	86	82	86	86
1936	80	113	79	109	89	102	78	106	87	107	106
1937	92	111	94	109	97	106	95	109	103	108	101
1938	94	97	95	92	106	95	94	104	102	96	85
1939	100	108	104	111	111	117	102	109	115	112	101
1940	92	119	96	119	88	119	94	111	103	119	123
1941	120	121	117	123	112	126	116	120	122	121	123
1942	105	92	105	89	107	96	110	98	108	92	88
1943	112	89	114	91	119	94	111	86	114	93	86
1944	107	79	106	82	112	92	106	77	110	82	78

Även för gran är samvariationen mycket starkt utpräglad mellan årsringsindexserierna för slutenhetsgraderna »glest» och »fullslutet». Sak samma är, och detta i högre grad än hos tallen, förhållandet beträffande kombinationen »fullslutet»-»överslutet», medan »glest» kontra »överslutet» ej utmärkes av en fullt så starkt utpräglad samvariation, vilket sannolikt måste sättas i samband med de rätt betydande skillnader i fråga om genomsnittlig breddgrad och höjd över havet, som karaktäriserar dessa båda slutenhetsgrader. Då årsringsindexserierna för de olika slutenhetsgraderna korreleras med standardserien av gran för hela Norrland jämte Kopparbergs län, erhåller man korrelationskoefficienter, som mycket nära överensstämmer med de vid motsvarande kombinationer för tall konstaterade (jfr tab. 32).

På ungefär analogt sätt som för tall tenderar årsringsindex dispersion att stiga med tilltagande gleshet, vilket dock sannolikt ej beror på avtagande slutenhet utan i stället återspeglar skillnaderna med avseende på genomsnittlig breddgrad och höjd över havet de olika slutenhetsgraderna emellan.

Vid jämförelse mellan årsringsindexserierna enligt fig. 34 framträder en förvånansvärt god detaljöverensstämmelse mellan samtliga slutenhetsgrader. De mindre skiljaktigheter, som i en del fall visa sig föreligga, äro karaktäristiska för olika breddgradsinflytande, vilket berättigar till den slutsatsen, *att även för gran beståndets slutenhet ej utövar något egentligt inflytande på årsringsbreddens klimatiskt betingade variation.*

Årsringsindexserier för skogsmarker av olika fuktighetsgrad

För att i någon mån belysa, om fuktighetsförhållandena i marken utöva något mera markerat inflytande på tallens och granens årsringsvariationer, har med utgångspunkt från anteckningarna i den för varje enskild provyta upprättade beskrivningen, undersökningsmaterialet sorterats med avseende på följande tre mera utpräglade fuktighetsgrader nämligen: *torra skogsmarker*, *översilade skogsmarker* och *skogsmarker med stagnerande vatten*. Skogsmarken har därvid rubricerats som torr, då lavarnas andel i botten-skiktets totala areal bedömts uppgå till lägst $\frac{1}{4}$ för provytor i tallskog och $\frac{1}{16}$ för provytor i granskog (således frekvenserna »riklig», respektive »tunnsådd» enligt HULT-SERNANDERS skala). Till översilade skogsmarker ha räknats provytor på sådana skogsmarker, där markvegetationen indikerar ett högt och rörligt grundvatten, medan till skogsmarker med stagnerande vatten hänförts provytor på marker, där beståndets tillväxt och trivsel bedömts vara nedsatt till följd av ett permanent högt, ej rörligt grundvatten.

Tabell 34. Antalet provytor och provträd, konstantvärden i utjämningsfunktionen för årsringsbreddens åldersavtagande samt korrelationskoefficienter mellan årsringsindexserier för skogsmarker av olika fuktighetsgrader.

Number of sample plots and sample trees, values of constants in the function for age decrease in the annual ring widths and the correlation coefficients between the annual ring index series for forest land with different degrees of moisture.

Trädslag Tree species	Skogsmarkens fuktighetsgrad Forest lands' degree of moisture	Antal Number of		Provytornas genom-snittliga Sample plots' average		Prov-trä-dens medel-ålder vid brh., år Sample trees' mean age at br. hei-ght, years	Konstantvärden i funktionen Value of constants in the function $y = a + \frac{b}{x}$		Skogsmarkens fuktighetsgrad Forest lands' degree of moisture			Års-rings-index' disper-sion, % Stand-ard deviation of annual ring index, %
		prov-ytor sample plots	prov-träd sample trees						Torra Dry	Över-silade Well drained moister	Stag-nande vatten Stag-nant water	
				st.	bredd-grad, grader latitude, degrees		höjd ö. h., m height above sea level, m	a				
		Korrelations-koefficienter för årsringsindexserier Correlation coefficients for annual ring index series										
Tall Pine	Torra skogsmarker Dry forest land	37	654	64,7	255	96,5	+ 3,655	+4 181,1	—	0,746	—	13,2
	Översilade skogs- marker Well drained moister forest land	8	101	62,4	302	82,4	+ 26,189	+2 864,1	0,746	—	—	14,3
	Samtliga All	45	755	64,3	263	194,6	+13,593	+3 868,3	10,933	10,820	—	13,1
Gran Spruce	Torra skogsmarker	31	339	64,4	337	105,0	+ 38,048	+ 511,9	—	0,862	0,731	10,6
	Översilade »	26	352	63,5	291	110,0	+ 21,385	+ 3 795,7	0,862	—	0,849	10,9
	Skogsmarker med stagn. vatten... Forest land with stagnant water	6	67	63,2	318	128,8	+ 24,893	+ 1 777,8	0,731	0,849	—	15,9
	Samtliga	63	758	63,9	316	1105,2	+134,727	+11 885,5	10,873	10,925	10,795	110,8

Korrelationskoefficienten är genomgående positiv och statistiskt signifikant enligt ***.
The correlation coefficient is positive throughout and statistically significant according to ***.

¹ Uppgiften avser hela undersökningsmaterialet för Norrland jämte Kopparbergs län.

¹ The data relate to the whole of the investigation material for Norrland and Kopparberg Province.

Det övervägande antalet av provytorna inom Norrland jämte Kopparbergs län, nämligen 84 st. i tall- och 136 st. i granskog, äro belägna på den allmän-
nast förekommande, friska skogsmarken. Särskilda årsringsindexserier ha dock
ej härletts för fuktighetsgraden frisk, enär dessa serier med största sannolikhet
trädslagsvis skulle uppvisa en mycket markant överensstämmelse med stan-
dardserierna för hela undersökningsmaterialet.

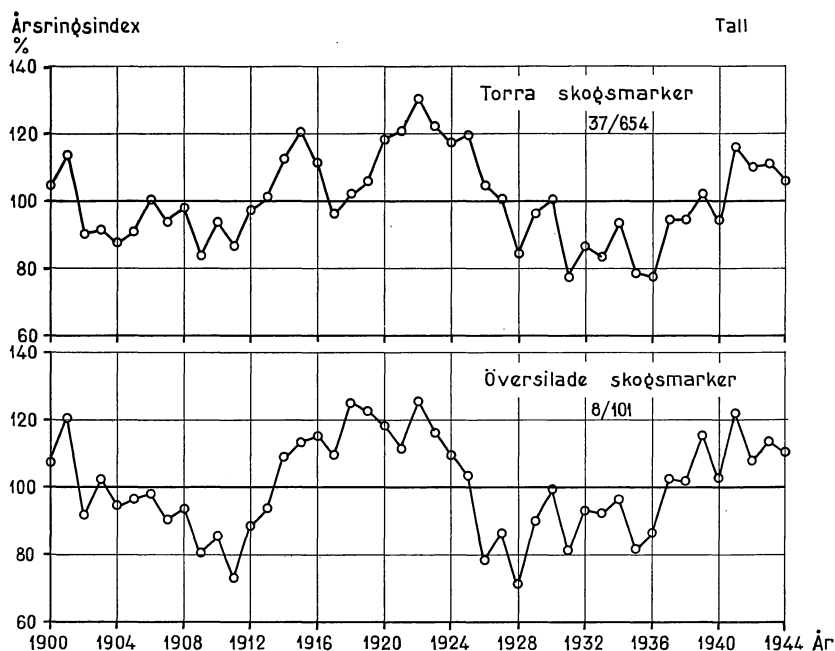


Fig. 35. Årsringsindexserier för *tall* på torra skogsmarker och på översilade skogsmarker. Annual ring index series for *pine* on dry forest land (upper diagram) and on well drained moister forest land (lower diagram).

Tall

Vid sorteringen av provytematerialet på olika fuktighetsgrader visade sig för *tall*, att ett tillräckligt omfattande undersökningsmaterial endast förelåg för de torra skogsmarkerna, som enligt tab. 34 representeras av 37 provytor med inalles 654 provträd. De översilade skogsmarkerna äro endast företrädde av 8 provytor med sammanlagt 101 provträd. För denna fuktighetsgrad är undersökningsmaterialet av alltför begränsad omfattning för att med tillräcklig säkerhet återge tallens årsringsvariationer inom hela Norrland jämte Kopparbergs län. Då endast 2 provytor med inalles 18 provträd hänförs till skogsmarker med stagnerande vatten, har någon årsringsindexserie ej härletts för denna fuktighetsgrad.

Provytorna representerande de torra skogsmarkerna äro enligt tab. 34 de i genomsnitt nordligast belägna men intaga samtidigt något lägre genomsnittlig höjd över havet än provytematerialet för de översilade. Korrelationskoefficienten mellan årsringsindexserierna för de ifrågavarande båda fuktighetsgraderna är visserligen relativt hög ($+0,746^{***}$), men en jämförelse mellan årsringsindexserierna enligt tab. 34 eller fig. 35 ger vid handen, att avsevärda skillnader i själva verket föreligga. Man frågar sig då, om dessa skillnader återspegla

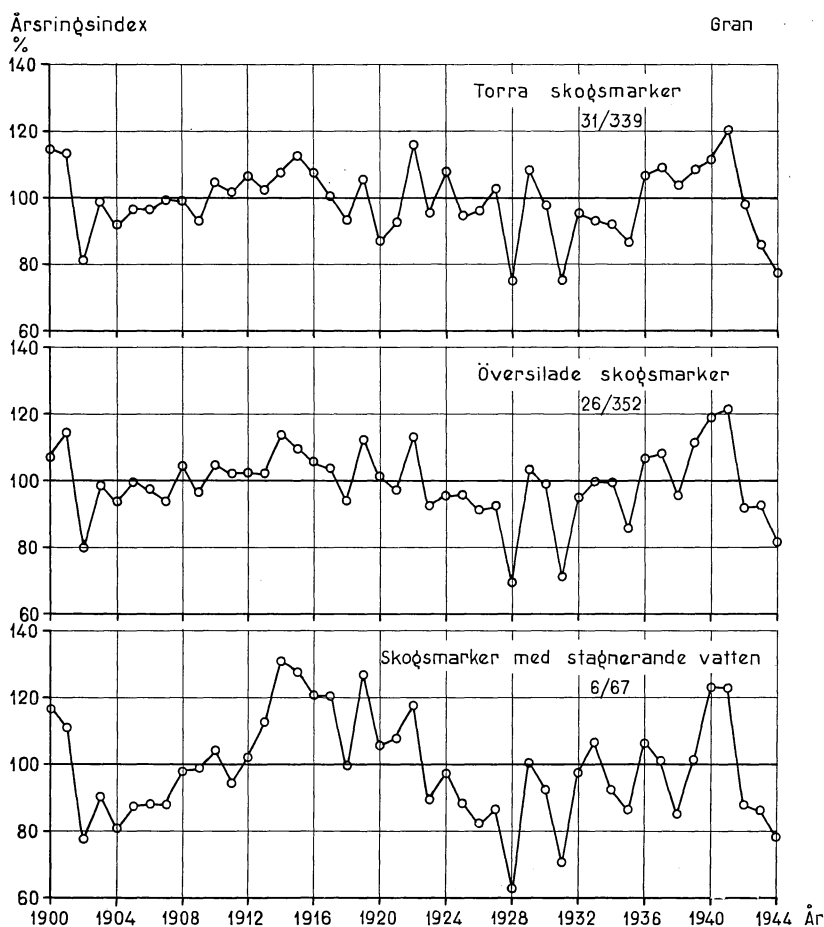


Fig. 36. Årsringsindexserier för *gran* på skogsmarker av olika fuktighetsgrad.

Annual ring index series for *spruce* on forest land with varying degrees of moisture. The diagram—reckoned from the top—represents dry forest land, well drained moister forest land and forest land with stagnant water.

ett olika inflytande på årsringsvariationerna av vattenfaktorn i marken eller sammanhånga med bristande representativitet hos årsringsindexserien för de översilade skogsmarkerna. Om man jämför årsringsindexserien för de torra skogsmarkerna med standardserien för hela Norrland jämte Kopparbergslän, erhålles vid korrelationsräkning en mycket hög samvariation, vilket framgår av korrelationskoefficienten, som har det höga värdet $+ 0,933^{***}$. Enligt fig. 12 och 35 är detaljöverensstämmelsen mellan de båda serierna mycket utpräglad. Såväl de goda som dåliga växtåren ha därvid registrerats påfallande synkront. Då standardserien i huvudsak är präglad av årsringsvariationerna på de friska skogsmarkerna, kan man följaktligen ej finna, att årsringsbreddens klimatiskt

betingade variation gestaltat sig påvisbart olika på de torra skogsmarkerna, där vattentillgången som regel är avsevärt knappare, än på marker av mera frisk typ. Då knapphet på vatten i marken således ej i nämnvärd grad synes återverka på årsringsbreddens klimatiskt betingade variation, icke ens då det är fråga om mera utpräglat torra eller fuktiga år, är det föga sannolikt att årsringsvariationerna skulle bli sårpräglade på de översilade skogsmarkerna, där — ofta näringsrikt — vatten som regel alltid finnes tillgängligt för träden. De föreliggande skillnaderna mellan å ena sidan de torra och friska skogsmarkerna, å andra sidan de översilade, måste främst anses förorsakade av att årsringsindexserien för den senare fuktighetsgraden, på grund av undersökningsmaterialets begränsade omfattning, ej lämnar någon mera generell bild av tallens årsringsvariationer på de översilade skogsmarkerna. Om också vattentillgången i marken utövar ett mycket dominerande inflytande på årsringsbreddens höjd och därmed diametertillväxten inom olika delar av trädstammen, är det däremot knappast sannolikt, att den rikliga vattentillförseln på de översilade skogsmarkerna skulle påverka de av klimatet betingade variationerna i årsringsbredd. *Dessa variationer synas för tallens del ej vara nämnvärt beroende av skogsmarkens fuktighetsgrad, åtminstone då det är fråga om de fuktighetsgradationer, som sträcka sig från torra till översilade skogsmarker.* Frågan huruvida vattenfaktorn återverkar på årsringsbreddens klimatiskt betingade variation på skogsmarken, där tallens tillväxt normalt är hämmad till följd av stagnerande vatten, måste i detta sammanhang lämnas öppen.

Gran

För gran baserar sig årsringsindexserien för de torra skogsmarkerna på 31 provytor med 339 provträd och för de översilade på 26 provytor med inalles 352 provträd. Undersökningsmaterialet är därför av något för begränsad omfattning för att lämna en i detaljerna fullt säker bild av granens årsringsvariationer på de torra och översilade skogsmarkerna inom ett så betydande område som hela Norrland jämte Kopparbergs län. I än högre grad gäller detta årsringsindexserien för skogsmarker med stagnerande vatten, vilken fuktighetsgrad endast är representerad av 6 provytor med sammanlagt 67 provträd.

Tab. 34 utvisar, att de torra skogsmarkerna intaga ett i genomsnitt nordligare läge och högre höjd över havet än de översilade. Provytorna på skogsmarker med stagnerande vatten äro de i genomsnitt sydligast belägna men intaga med avseende på höjdläget en mellanställning i förhållande till de båda nyssnämnda.

Med avseende på korrelationens styrka vid kombination av årsringsindexserierna för de olika fuktighetsgraderna visar sig denna enligt tab. 34 praktiskt taget vara densamma, då de översilade skogsmarkerna jämföras med å ena sidan de torra, å andra sidan skogsmarkerna med stagnerande vatten. Mellan

årsringsindexserierna för de båda senare fuktighetsgraderna är korrelationskoefficienten lägre, ehuru statistiskt starkt signifikant. Med standardserien för hela Norrland jämte Kopparbergs län, som enligt det föregående närmast kan anses återgiva årsringsvariationerna på de friska skogsmarkerna, är samvariationen mycket utpräglad särskilt för de torra och översilade skogsmarkerna. Årsringsindex dispersion är för dessa båda fuktighetsgrader praktiskt taget densamma. Enligt tab. 34 eller fig. 36 är överensstämmelsen mellan de båda årsringsindexserierna liksom även mellan dessa och standardserien så god, som man rimligtvis kan begära, då man tager i betraktande det jämförelsevis begränsade undersökningsmaterialet bakom årsringsindexserierna för de torra och översilade skogsmarkerna. *Även för granens del synes därför vattentillgången i marken, oaktat denna utövar ett mycket markerat inflytande på årsringsbreddens absoluta nivå, ej i nämnvärd grad återverka på dennas klimatiskt betingade variation.* Det ligger annars nära till hand att förutsätta, att t. ex. den torra och varma väderlek, som utmärkte somrarna 1914 och 1933, skulle registrerats påtagligt olika av granens årsringar på de torra och översilade skogsmarkerna.

Årsringsindexserien för skogsmarker med stagnerande grundvatten är materialmässigt alltför svagt underbyggd för att tillmätas något egentligt bevisvärde, då det gäller att avgöra, om årsringsvariationerna på den ifrågavarande fuktighetsgraden kunna betraktas som klimatiskt särpräglade. Om också korrelationskoefficienten är hög, då årsringsindexserien kombineras med serierna för de båda övriga fuktighetsgraderna liksom även med standardserien för hela Norrland jämte Kopparbergs län, föreligga betydande olikheter med avseende på index. Sannolikt bottna dessa skillnader i viss utsträckning på årsringsindexseriens bristande representativitet för skogsmarkerna med stagnerande vatten. Man får dock ej helt utesluta möjligheten av, att klimatet kan ha haft en något olikartad effekt på årsringsvariationerna, då ett överskott på vatten i marken verkar hämmande på skogens tillväxt och trivsel. Det måste sålunda betecknas som anmärkningsvärt, att de nyssnämnda utpräglat torra somrarna 1914 och 1933 av granens årsringar registrerats något olikartat på den ifrågavarande fuktighetsgraden än på de torra och översilade skogsmarkerna.

Vattenfaktorns av allt att döma förhållandevis ringa inflytande på årsringsbreddens klimatiskt betingade variation ger stöd åt den tidigare framförda uppfattningen, att det inom Norrland jämte Kopparbergs län i främsta rummet är temperaturförhållandena under vegetationsperioden, sannolikt då under dennas mest intensiva skede, som förorsaka de årliga variationerna i granens årsringsbredd. Dessa äro därjämte i viss mån präglade av kottproduktionen. För tallens del måste man däremot räkna med att icke blott temperaturförhållandena under den aktuella vegetationsperioden påverka årsringsvariationerna, utan även att dessa i viss utsträckning jämväl äro beroende av sekundära klimatverkningar, vilka i sin tur stå i samband med väderleksförhållandena under de närmast föregående vegetationsperioderna.

Kap. IX. Den nutida klimatfluktuationen och skogsträdens årsringar

Den nutida klimatfluktuationen och dennas förmodade återverkningar på tallens och granens årsringsbildning har i korthet tidigare berörts, varvid framhållits att en rad biologiska företeelser, såsom frekvensen fröår, skogsgränsens förskjutning mot norr och högre höjd över havet o. s. v., skulle ge otvetydiga belägg för, att klimatet i Fennoskandia under det senaste halvsekleet successivt förändrats. HUSTICH (t. ex. 1948 s. 125) anser sålunda att tallen i närheten av skogsgränsen inom norra Finland registrerat ett långperiodiskt klimatinflytande, varvid han uttalar »*om träden speciellt vid skogsgränsen äro känsliga för de minsta årliga växlingar i klimatet, böra även klimatväxlingar av större storleksordning framträda klarast i norr.* Med andra ord det är ingen tillfällighet, att den gynnsamma utveckling, som observerats under senaste decennier i klimatet (jfr AHLMANN, 1939 och WAGNER, 1940) varit särskilt tydlig just i norr och framför allt kring polarkalotten» (HUSTICH, 1948, s. 125).

Vid bearbetningen av det förhållandevis omfattande årsringsmaterial, som ingår i den nu föreliggande undersökningen, har särskild uppmärksamhet ägnats åt att söka konstatera och siffermässigt återgeva ett eventuellt långperiodiskt inflytande av klimatet på tallens och granens årsringsserier. Tyvärr ha försöken härvidlag ej lett till något egentligt resultat; några säkra och entydiga kriterier på, att ett sådant inflytande registrerats av de båda trädslagens årsringsserier, ha nämligen ej kunnat erhållas. Det här i stället visat sig vara förenat med utomordentligt stora svårigheter att i så att säga renodlad form konstatera en sådan långperiodisk klimatsvängning, som ju ej gärna kan förväntas uppgå till några större belopp, enär siffermässigt sett klimatets ändringar te sig som tämligen obetydliga i vad avser temperaturförhållandena under sommarmånaderna. Sålunda anger ÅNGSTRÖM (1946, s. 95), att för Stockholm karakteriseras temperaturens förändringar enligt de ända sedan år 1756 utförda temperaturmätningarna av att vintertemperaturen i stort sett tilltagit från mitten av 1700-talet fram till våra dagar med mera än 2°. För april uppgår ökningen under det ifrågavarande tidsavsnittet till 1°, under det att *sommartemperaturen hållit sig i det närmaste oförändrad*. Mot norr skulle temperaturstegringen i stort sett ha ökat. Beträffande den successiva ökningen av vintertemperaturen har denna »icke uppkommit genom en allmän stegring av vintertemperaturen för de enskilda åren utan därigenom att de extremt kalla vintrarna blivit mindre talrika» (ÅNGSTRÖM, 1946, s. 96). Om också de för Stockholm konstaterade förändringarna i temperaturklimatet ej kunna anses representativa för det område, varifrån det föreliggande undersökningsmaterialet härrör, torde man dock kunna utgå från att någon

mera markant ändring av sommartemperaturen och därmed växtklimatet ej gärna kan ha inträtt inom detsamma mera centrala delar. Då det till huvudsaklig del synes vara temperaturförhållandena under den aktuella — för tall i viss mån även under den närmast föregående — vegetationsperioden, som utöva ett reglerande inflytande på årsringsbreddens klimatiskt betingade variation hos våra barrträd, är det i själva verket tvivelaktigt, om några så stora förändringar inträtt, att dessa skulle ha lämnat några mera tydliga spår i tallens och granens årsringsserier. För att med framgång isolera ett eventuellt långperiodiskt klimatinflytande från det komplex av ståndorts- och beståndsinflytelser, som registreras av barrträdens årsringar, måste man av allt att döma förfoga över ett omfattande årsringsmaterial, som omspanner ett avsevärt längre avsnitt av tidsskalan än det material, som stått till förfogande vid den föreliggande undersökningen. Särskilt då det gällt att eliminera årsringsbreddens åldersavtagande i olika årsringsserier har bearbetningen av årsringsmaterialet skett från en rad olika utgångslägen. Det har därvid visat sig, att t. ex. användning av olika utjämningsfunktioner (jfr t. ex. tab. 14, s. 70) kan leda till vissa systematiska avvikelser mellan de beräknade årsringsindexvärdena. Många gånger äro dessa avvikelser sannolikt större — speciellt då för årsringsindexseriernas början och slut — än de inflytelser, som t. o. m. en tämligen utpräglad långperiodisk ändring av klimatläget kan tänkas förorsaka.

För ett närmare studium av den långperiodiska klimatändringens eventuella återverkningar på skogsträdens årsringar måste den valda undersökningsperioden, som av vissa praktiska orsaker måst fixeras till att omfatta de 45 kalenderåren 1900—1944, betecknas som alltför kort. Genom att konsekvent uttrycka tallens och granens årsringsvariationer i förhållande till den normalnivå, som representeras av indexvärdet 100 % och som uttrycker *ett med avseende på den valda undersökningsperioden normalt klimatinflytande på tallens och granens årsringar*, ha de olika årsringsserierna, som ingå i undersökningen kunnat jämföras inbördes i anslutning till för en och samma period uträknade indexvärden, vilket måste anses som en betydande fördel. Huruvida det medelklimat, som representeras av normalnivån 100 %, kommer att bli bestående eller gradvis ändras under de kommande decennierna, undandrager sig emellertid för närvarande varje bedömning.

Kap. X. Klimatkorrektionernas praktiska tillämpning i nuvarande läge och med tanke på framtiden

Den nu föreliggande undersökningen har bekräftat de i olika sammanhang tidigare framförda åsikterna, nämligen att på våra breddgrader radietillväxten hos såväl tall som gran präglas av en så påtaglig klimatiskt betingad

variation, att hänsyn härtill måste tagas vid sådana skogliga kalkyler, som avse att mera noggrant fastställa grovlekstillväxten hos enskilda träd, bestånd eller hela skogar. Det framstår därvid som i hög grad nödvändigt, att konstaterade tillväxtbelopp kritiskt granskas mot bakgrunden av klimatets inflytande på tillväxten under den tid tillväxtkalkylen omfattar. I fall man underlåter detta, kunna lätt felaktiga slutsatser dragas angående orsakerna till de förändringar, som visa sig ha inträtt vid jämförelse mellan vid olika tillfällena konstaterade tillväxtbelopp. För att på objektiva grunder kunna bedöma effekten av de åtgärder, som vi i tillväxtstimulerande syfte utföra i våra skogar i form av beståndsvårdande huggningar, dikningar o. s. v., måste sålunda tillväxtens klimatiskt betingade variation ägnas vederbörlig uppmärksamhet. Sak samma är förhållandet, då man avser att analysera virkesförrådets förändringar i samband med t. ex. taxering av större eller mindre skogsområden. Som särskilt nödvändigt framstår att vid det skogliga forskningsarbetet beakta den effekt, som klimatet utövar på skogsbeståndens tillväxt. Först härigenom kan man draga objektiva slutsatser över verkningarna av i bestånden utförda tillväxtstimulerande åtgärder i form av gallringar, bevattningar, gödslingar, hormonbehandlingar, rotbeskärningar etc. Hänsyn till klimatets inflytande på tillväxten måste även tagas, då det gäller att fastställa den nedsättning av tillväxten, som stundom förorsakas vid mera svårartade angrepp av barrförstörande insekter och skadesvampar.

Av de skogsvetenskapliga forskningsgrenarna är det produktionsforskningen, som måste anses ha det ojämförligt största behovet av att, t. ex. i samband med upprättandet av produktionstabeller, kunna normalisera med ledning av provyteundersökningar konstaterade tillväxtbelopp att avse ett likartat klimatinflytande. Även ur riksskogstaxeringens synpunkt är det synnerligen värdefullt att kunna fastställa tillväxten för hela landets skogar mot bakgrunden av ett i stort sett likartat klimatinflytande. Härigenom underlättas analyser över orsakerna till inträdande förändringar i skogstillståndet. Genom den nyare metodik, som från och med år 1953 tillämpats vid riksskogstaxeringen, och som i korthet innebär, att hela landets skogstillgångar och dessas tillväxt årligen fastställas, torde man kunna räkna med att de år från år konstaterade tillväxtbeloppen i viss utsträckning även redovisa kalenderårets karaktär av växtår (HAGBERG, 1952 a och b). Förutsättningarna härför äro i främsta rummet, att virkesförrådets statistiska sammansättning endast jämförelsevis obetydligt ändras från det ena året till det andra och att tillväxtkalkylen därjämte baseras på ett antal årsringar och toppskott, som med undantag av den »äldsta» och den »yngsta» årsringen (toppskottet) i båda fallen är desamma.

Tillvägagångssättet vid klimatkorrektioner med ledning av årsringsmaterial från orörd skog

Allt efter kravet på noggrannhet och det undersökningsmaterial, som man förfogar över för klimatkorrektionen, kan man vid justering av konstaterade tillväxtbelopp, främst då i form av radie- eller diametertillväxt, gå fram på olika vägar. Med hänsyn till att såväl tallens som granens årsringsvariationer som regel återspegla lokalklimatiska inflytelser, har man de största utsikterna att genomföra en tillförlitlig klimatkorrektion, om man kan begagna sig av årsringsserier från orörda bestånd i nära grannskapet till det bestånd eller det skogskomplex, för vilket man avser att utföra korrektionen.

Som komplement till de fasta försöksytor, som man utlägger för att t. ex. studera effekten av olika gallringsprogram på skogsbeståndens utveckling och produktion, plägar man i mån av möjlighet söka utlägga en försöksyta inom en orörd del av beståndet. Då man avser att korrigera de för de olika försöksytorna konstaterade tillväxtbeloppen med hänsyn till årsringsbreddens klimatiskt betingade variation, kan man vanligen med fördel basera korrektionen på årsringsmaterial från den orörda provytan. Detta under förutsättning att beståndet redan har uppnått en mera framskriden ålder, enär åldersavtagandet under de första decennierna har en så markerat avtagande tendens att det för unga bestånd är förenat med svårigheter eller stundom är nära nog omöjligt att effektivt eliminera åldersavtagandet och fastställa tillförlitliga årsringsindex. Beträffande tillvägagångssättet vid korrektion av grundytans tillväxt på fasta försöksytor med hänsyn till årsringsbreddens klimatiskt betingade variation hänvisas till ett av författarens föregående arbeten (EKLUND, 1952, s. 34—36).

I de fall då man har tillgång på lämpliga orörda bestånd i nära anslutning till den provyta, det bestånd eller det skogskomplex, för vilket man avser att korrigera ett konstaterat tillväxtbelopp med hänsyn till årsringsbreddens klimatiskt betingade variation, kan korrektionsförfarandet i princip genomföras på följande sätt:

I det orörda beståndet, som lämpligen bör representera ungefär likartade ståndortsförhållanden, vilka utmärka korrektionsobjektet, utväljas om möjligt på objektiva grunder ett antal provträd, vilka borras vid brösthöjd. Provträden böra därvid i första hand uttagas bland de av de medelgrova och grövre träden i beståndet, vilka sakna mera framträdande tekniska fel och ej förete tecken på sjukdomar eller insektskador. Då det är fråga om likåldriga, till sin sammansättning föga varierande bestånd, bör för varje trädslag antalet provträd uppgå till omkring 30 st. Om däremot det orörda beståndet är ojämnt och stammarna starkt variera i grovlek, bör provträdsantalet med något eller några tiotal överstiga nämnda siffra. Vid borringen av provträden

är det viktigt, att tekniskt fullgoda borrhäpnar erhållas (jfr s. 10). Borrhäpn-materialet mätes sedermera, om möjligt med tillhjälp av specialmaskiner, så att årsringsbredden för varje enskilt kalenderår under en tillräckligt lång period bakåt i tiden erhålles. Undersökningsperiodens längd bör därvid ej gärna understiga 40 år.

Med ledning av årsringsmätningarna uträknas trädslagsvis medelårsringsbredden för vart och ett av de i undersökningsperioden ingående kalenderåren, varefter de aritmetiska medeltalen inprickas i ett diagram (jfr fig. 1, s. 12), så att en grafisk bild erhålles av årsringsutvecklingen. Skulle därvid årsringsbredden visa sig relativt jämnt avtaga med stigande beståndsålder, är den vanligen användbar som underlag för klimatkorrekationer. Framträda däremot mera iögonfallande förändringar av årsringsbreddens nivå under en följd av år, måste man räkna med att av en eller annan anledning störningar inträtt i det normala utvecklingsförloppet, varför årsringsserien kan vara olämplig som korrektionsunderlag.

Om årsringsserien visar sig lämpad för fortsatt bearbetning, utjämnas den därefter numeriskt enligt endera av funktionerna 1 eller 2 (jfr s. 14 och 15 respektive), varefter årsringsindex uträknas enligt å s. 15 angivet förfaringssätt. Härledningen av årsringsindex för det orörda jämförelsebeståndet följer sålunda i allt väsentligt det tillvägagångssätt, som utformats av NÄSLUND (1942, s. 24—28) och som enligt den nu föreliggande undersökningen konstaterats vara mycket användbart, då det gäller att fastställa årsringsindexserier för enskilda bestånd. Det förtjänar dock även i detta sammanhang framhållas, att årsringsindex — som NÄSLUND redan tidigare betonat (1942, s. 29) — måste betraktas som en approximativ mätare på årsringsbreddens klimatiskt betingade variation.

Som nästa steg i korrektionskalkylen uträknas ett medelårsringsindex för de kalenderår, som ingå i den för bestämning av tillväxten använda perioden. Detta sker genom att fastställa ett aritmetiskt medeltal av de aktuella indexvärdena. Med hänsyn till att grovlekstillväxten uppvisar ett markerat åldersavtagande, särskilt då i yngre och medelålders skog, är det fördelaktigt att ej arbeta med för lång period som underlag för den egentliga tillväxtkalkylen. Under förutsättning att årsringsmaterialet från det orörda jämförelsebeståndet är av den beskaffenheten, att medelårsringsindex kan bestämmas med tillfredsställande säkerhet, bör sålunda en t. ex. femårig tillväxtperiod vara att föredraga framför den i svenskt skogsbruk hittills allmänt använda tioårsperioden. Då av olika anledningar någon klimatkorrektion av tillväxtbeloppen ej kan genomföras, är emellertid tioårsperioden som regel att föredraga, enär den medför en något bättre utjämning av det inflytande, som i densamma ingående, mera extrema växtår utöva. Denna synpunkt gäller i första hand, då man avser att t. ex. i samband med avverkningsberäkningar tillämpa ett

på grundval av en t. ex. tioårig undersökningsperiod konstaterat tillväxtbelopp framåt i tiden.

Den egentliga klimatkorrekturen kan allt efter behovet verkställas med avseende på undersökningsmaterialets årsringsbredd eller grundytetillväxt. Med en viss grad av approximation torde även volymtillväxten kunna korrigeras med ledning av årsringsindex. Man måste emellertid därvid ha i minnet, att jämväl höjdtillväxten är underkastad en klimatiskt betingad variation. Beträffande dennas storlek och synkronism med diametertillväxtens variationer är vårt kunskapsstoff för närvarande mycket begränsat. Vid skogsforskningsinstitutet pågå dock undersökningar, som kunna förväntas lämna värdefulla bidrag härtill. Man torde dock kunna utgå från att diametertillväxtens klimatiskt betingade variation avsevärt starkare återverkar på volymtillväxten än variationerna med avseende på höjdtillväxten.

För att erhålla det klimatkorrigerade tillväxtbeloppet (z_k) har man sedan att multiplicera det ursprungliga (z), vilket således kan avse alternativt årsringsbredd, grundyte- eller eventuellt volymtillväxt, med faktorn $\left(1 - \frac{p_i}{100}\right)$, vari p_i betecknar det antal procentenheter, med vilket medelårsringsindex för den valda tillväxtperioden antingen understigit (—) eller överstigit (+) årsringsindexseriens normalnivå d. v. s. 100 %. Korrektionsformeln kan följaktligen skrivas:

$$z_k = z \cdot \left(1 - \frac{p_i}{100}\right) \dots\dots\dots (21)$$

Om sålunda medelårsringsindex konstaterats utgöra 96,3 %, skall följaktligen tillväxtbeloppet ökas med 3,7 % d. v. s. multipliceras med faktorn 1,037.

Beträffande härledningen av ovanstående formel liksom även av en något noggrannare formel för korrigering av grundytans tillväxt hänvisas till ett av författarens tidigare arbeten (EKLUND, 1952, s. 34—36), i vilket även redogöres för hur man kan gå tillväga för att korrigera årsringsserier med avseende på årsringsbreddens klimatiskt betingade variation, varigenom t. ex. en huggningsseffekt kan återges i från klimatvariationer renodlad form (jfr spec. s. 27 och ff.).

Enligt vad som i olika sammanhang kunnat konstateras har tillväxtens klimatiskt betingade variation en i stort sett likartad effekt på samtliga träd av ett visst trädslag i beståndet oavsett deras dimension, trädklass etc., varför korrekturen med fördel kan ske med utgångspunkt från tillväxtens totalbelopp för trädslaget ifråga.

Tillvägagångssättet vid klimatkorrektioner med ledning av årsringsindexserier för större områden

Då man av olika orsaker ej har möjlighet att genomföra klimatkorrektioner med ledning av årsringsindexserier från orörd skog i det mer eller mindre nära grannskapet till det bestånd eller det skogskomplex, för vilket man avser att justera tillväxten med avseende på dennas klimatiskt betingade variation, kan man med viss fördel begagna sig av eventuellt föreliggande medelindexserier, representerande ett större geografiskt område. Sålunda kunna de i kap. VIII här ovan framlagda årsringsindexserierna stundom utnyttjas för korrigering av tillväxtbelopp avseende längre eller kortare avsnitt av perioden 1900—1944. Användningen av sådana medelserier bör dock ske med kritik. Man måste nämligen ha klart för sig, att då tillväxtbeloppet för ett mindre skogsområde korrigeras med ledning av en regional indexserie, man ej alltid eliminerar de lokalklimatiska inflytelser, som äro karaktäristiska för årsringsvariationerna inom det ifrågavarande området och vilka man avser att i möjligaste mån eliminera.

Framställandet av tillförlitliga regionala årsringsindexserier för lämpligt valda områden måste betecknas som en ur mättings- och bearbetningsteknisk synpunkt relativt krävande arbetsuppgift, som i första hand är förbehållen den skogliga forskningen. Såväl för denna som för svenskt skogsbruk av idag är det emellertid nödvändigt att i olika sammanhang kunna taga vederbörlig hänsyn till tillväxtens klimatiskt betingade variation, varför den ifrågavarande arbetsuppgiften framstår som i hög grad angelägen. De ovan framlagda årsringsindexserierna äro närmast att anse som en orientering inom ett långt ifrån genomplöjt forskningsfält. Enär de endast återgiva årsringsindexvärden för perioden 1900—1944, bära de dessutom ej längre aktualitetens prägel. Frågan uppstår då hur man i framtiden skall gå till väga för att kunna genomföra klimatkorrektioner med ledning av ständigt aktuella korrektionstal.

Förutom de erfarenheter, som riksskogstaxeringens tillväxtundersökningar fortsättningen enligt vad ovan sagts kunna antagas medföra som underlag för konstaterandet av tillväxtens klimatiskt betingade variation inom olika regioner, skulle klimatkorrektioner kunna baseras på antingen *årsringsindexserier för särskilda indikatorbestånd* eller indexvärden beräknade med ledning av *empiriska klimatfunktioner*.

Årsringsindexserier för indikatorbestånd

Med indikatorbestånd skulle avses orörda bestånd lämpade för studium av såväl den förutvarande som framtida årsringsutvecklingen, vilket i senare fallet skulle ske genom med korta intervall återkommande observationer. Dessa indikatorbestånd måste hållas helt intakta för huggningsingrepp eller

andra störande ingrepp i beståndsutvecklingen, och helst vara av den storleken, att en provyta för observation av årsringsutvecklingen kan utläggas inom beståndet, så att eventuella huggningar i de omgivande bestånden ej påverka årsringsutvecklingen för de inom provytan fallande träden. Indikatorbestånden skulle utläggas över hela den egentliga skogsregionen av vårt land med en i möjligaste mån jämn fördelning. Som lämplig stomme skulle därvid en del av skogsforskningsinstitutets provytor i orörd skog kunna utnyttjas, givetvis under förutsättning att de liksom även de närmast omgivande delarna av beståndet alltjämt varit intakta för huggningsingrepp. Som komplement till de utvalda undersökningsobjekten borde lämpliga ungskogsbestånd reserveras och lämnas intakta för att sedan, allt eftersom de uppnå för undersökning av årsringsutvecklingen erforderlig ålder, utnyttjas som indikatorbestånd.

I första hand borde som indikatorbestånd utväljas rena eller endast svagt blandade tall- eller granbestånd på de mera allmänt förekommande marktyperna. Det vore även önskvärt, om björken i viss utsträckning kunde bli representerad i undersökningsmaterialet, enär vi för närvarande endast ha mycket ringa erfarenhet av tillväxtens klimatiskt betingade variation hos detta trädslag. Möjligheterna att uppspara ett tillräckligt antal för årsringsanalyser lämpade orörda björkbestånd måste dock betecknas som mycket begränsade.

Med stöd av erfarenheterna från den nu föreliggande undersökningen torde antalet erforderliga indikatorbestånd kunna fixeras till 300—400 st. ungefär lika fördelade på tall- och granbestånd. Det nämnda antalet förutsätter emellertid, att indikatorbestånden bli jämförelsevis jämnt fördelade över den egentliga skogsregionen. I varje indikatorbestånd utlägges en provyta, som beskrives relativt ingående. Virkesförrådets storlek behöver däremot ej fastställas. Bland de träd på provytan, som ingå i de tre högsta kronskikten och som ej ha mera framträdande tekniska felaktigheter eller förete allvarigare angrepp av insekter eller svampar, utväljas, om möjligt på objektiva grunder, ett 40-tal provträd. Dessa utmärkas varaktigt och deras diameter och barktjocklek vid brösthöjd registreras, liksom även trädklass, trädbeteckning etc.

I samband med provytornas utläggning i indikatorbestånden borras de utvalda provträden vid brösthöjd, varvid man måste eftersträva att erhålla ett i möjligaste mån fullgott material av borrhärdar. Borrhärden bör därvid ske intill eller i omedelbar närhet av mörgen, så att vid den efterföljande mätningen av borrhärdsmaterialet årsringsutvecklingen kan fastställas för en tillräckligt lång period bakåt i tiden. Borrhärdestället bör utmärkas varaktigt med t. ex. oljefärg. För att eliminera eventuella olikheter med avseende på årsringsutvecklingen i olika väderstreck bör borrhärdriktningen successivt varieras, varvid lämpligen en fjärdedel av provträden borras i varje väderstreck.

Årsringsmaterialet från de olika indikatorbestånden mätes och bearbetas

därefter centralt för erhållandet av årsringsindexserier antingen för varje enskilt indikatorbestånd eller också för lämpligt valda grupper av sådana. Mätning och bearbetning torde därvid i stort sett kunna utföras i enlighet med de i det föregående antydda riktlinjerna.

Sedan man väl erhållit indexserier för den fixerade basperioden, har man möjligheter att genom successivt återkommande borringar av provträden i indikatorbestånden bygga på indexserierna, så att dessa ständigt hållas aktuella. Det vore därvid givetvis önskvärt, om indikatorbestånden kunde undersökas årligen omedelbart efter vegetationsperiodens slut, när det då skulle bli möjligt att fastställa växtårets karaktär innan nästa vegetationsperiod tager sin början. I annat fall kan t. ex. endast en viss kvot av indikatorbestånden borras årligen, varvid vissa preliminära, ehuru ej lika säkra och detaljerade, uppgifter på årsringsbreddens klimatiskt betingade variation årligen kunna framläggas.

De återkommande borringarna av indikatorbestånden kunna begränsas till att endast avse de 5 à 10 sista årsringarna. Som regel medför borring av tall och gran att veden närmast omkring borrhålet blir mer eller mindre starkt kådimpregnerad. Till följd härav bör vid förnyad borring av provträden borrhingsstället ej förläggas i omedelbar närhet till det äldre borrhålet utan något ovanför eller nedanför detsamma. Man kan också successivt variera borrhingsriktningen.

Om också orientering och utläggning av indikatorbestånden samt den första mätningen och bearbetningen av årsringsmaterialet kan förväntas bli rätt kostnadskrävande, framstår den årligen återkommande arbetsinsatsen, vare sig denna omfattar samtliga indikatorbestånd eller endast en viss kvot av dessa, som tämligen måttlig.

Klimatfunktioner

Ett annat alternativ för att klarlägga den effekt, som olika meteorologiska faktorer, främst då temperaturförhållandena, liksom även de olika klimatiska sekundärverkningsarna, utöva på tallens och granens årsringsvariationer, torde vara att genom regressionsanalytisk bearbetning av det föreliggande årsringsmaterialet i förening med meteorologiskt-statistiska data härleda empiriska klimatfunktioner. Med utgångspunkt från sådana funktioner skulle det eventuellt bli möjligt att numeriskt fastställa årsringsindex för ett kalenderår enbart med ledning av de föreliggande »officiella» väderleksobservationerna. De största svårigheterna vid funktionernas härledning torde vara förenade med att utvälja och finna lämpliga numeriska uttryck för de olika meteorologiska element, vilka böra ingå som oberoende variabler i funktionerna. En ingående analys av väderleksförhållandena under de kalenderår, då klimatet haft en mer utpräglat god eller dålig effekt på årsringsbildningen (jfr tab. 13,

s. 67), torde sannolikt lämna värdefulla ledtrådar vid valet av de meteorologiska variablerna i klimatfunktionerna. Härledningen av dessa kan förväntas bli arbetskrävande och försvåras bl. a. av att nätet av meteorologiska stationer med tillräckligt omfattande observationsserier är glest inom den norrländska skogsregionen.

De försök, som författaren närmast i orienterande syfte utfört på ett begränsat material för att återge årsringsbreddens klimatiskt betingade variation som en funktion av meteorologiska data, ha emellertid lett fram till en något pessimistisk syn på möjligheterna att med tillräcklig noggrannhet kunna beräkna klimatkorrektioner. Därmed är ingalunda sagt, att denna väg ej skulle vara framkomlig. Författarens uppfattning får emellertid visst stöd av HUSTICH och ELFVINGS analyser över korrelationen mellan radietillväxt och klimat hos tallen i skogsgränsen (HUSTICH och ELFVING, 1944, s. 11—15).

Det är tänkbart att en kombination av indikatorbestånd och klimatfunktioner skulle föra fram till den med tanke på skogsbrukets framtida behov mest rationella lösningen av frågan om årsringsbreddens klimatiskt betingade variation. Därvid skulle indikatorbeståndens årsringsutveckling följas under ett antal år, varjämte deras höjdtillväxt, kottsättning etc. noggrant skulle observeras och registreras liksom även eventuellt inträffande insektangrepp och svampsjukdomar. Därjämte borde meteorologiska mätningar utföras antingen på fasta meteorologiska stationer i grannskapet, eller medelst i indikatorbestånden placerade självregistrerande instrument. Det senare alternativet skulle givetvis ur kausalforskningens synpunkt vara att föredraga, men skulle å andra sidan bli oproportionerligt kostnadskrävande.

Ävenså bör framhållas möjligheten att utnyttja indikatorbestånden för kontroll av de tillväxtvariationer, som riksskogstaxeringen i enlighet med det föregående kommer att framlägga. Om dessa därvid visa sig kunna läggas till grund för en bedömning av de klimatiskt betingade årsringsvariationerna inom olika regioner, kunna indikatorbestånden nedläggas.

Sammanfattning

Undersökningen har haft till målsättning att belysa årsringsbreddens klimatiskt betingade variation hos tall och gran inom norra Sverige under tidsavsnittet 1900—1944 och att därjämte i viss utsträckning klarlägga orsakerna till densamma. Undersökningsmaterialet härrör från en del av skogsforskningsinstitutets 981 st. engångsuppskattade provytor i orörd skog, varvid tallen i den föreliggande undersökningen representeras av 131 och granen av 199 provytor. På dessa har insamlats ett relativt omfattande material av borrhärdar från objektivt utvalda provträd. Antalet vid brösthöjd borrhärdar sådana provträd, som ingå i undersökningen, uppgår till 2 079 st. för tall och 2 658 för gran.

Då provytorna äro jämförelsevis jämnt fördelade över hela den nordsvenska barrskogsregionen, torde undersökningsmaterialet tämligen väl återspegla årsringsbreddens klimatiskt betingade variation inom området i fråga.

Bearbetningen av de vid brösthöjd uttagna och vid skogsforskningsinstitutet sedermera mätta borrhärdarna har bland annat inriktats på att genomföra en i möjligaste mån effektiv eliminering av medelårsringsbreddens med stigande trädålder avtagande tendens (jfr kap. III). Sedan åldersavtagandet på regressionsanalytisk väg eliminerats, har årsringsbreddens årliga variation uttryckts i form av ett s. k. årsringsindex. Detta utgör ett approximativt numeriskt uttryck för kalenderårets egenskap av växtår med avseende på trädslagets diametertillväxt. Transformeringsen av de absoluta variationerna i årsringsbredd till årsringsindex medför avsevärt större jämförbarhet mellan dels olika avsnitt av tidsskalan för en och samma årsringsindexserie dels olika sådana serier, än då de primära, i absolut mått uttryckta årsringsserierna läggas till grund för jämförelser.

De på grundval av den regressionsanalytiska bearbetningen erhållna årsringsindexserierna — standardserierna för hela Norrland jämte Kopparbergs län — utvisa, att tallens och granens årsringar registrerat de årliga klimatvariationerna på ett delvis iögonfallande olikartat sätt. Sålunda karaktäriseras tallens årsringsindexserie av ett oregelbundet storvågigt förlopp, medan granens utmärkes av mera markerade, korta och oregelbundna oscillationer kring normalnivån, d. v. s. årsringsindex 100 %. Oaktat att tallen och granen påverkats av i stort sett samma klimatinflytande, skulle de båda trädslagens årsringar ha registrerat detta på ett artspecifikt sätt. En analys har emellertid utvisat, att tallens årsringsbildning är i hög grad beroende av årsringsindex nivå under de närmast föregående kalenderåren, varvid en jämförelsevis stark s. k. autokorrelation råder mellan det aktuella och det närmast föregående kalenderårets årsringsindex. Årsringsbildningen hos gran synes däremot i endast ringa grad vara förbunden med sådan autokorrelation. Om dennas inflytande på tallens årsringsbildning elimineras, förändras årsringsindexserien på ett högst anmärkningsvärt sätt. Den markerade storvåghet, som präglar standardserien, dämpas nämligen avsevärt. En jämförelse med den från autokorrelation »rensade» årsringsindexserien för gran, som praktiskt taget är identisk med trädslagets standardserie, leder till det uppenbarväckande resultatet, att de rensade indexserierna för de båda trädslagen på ett delvis mycket slående sätt överensstämmer med varandra, särskilt då inom vissa avsnitt av tidsskalan.

Då tallens årsringsindexserie korrigeras för inflytandet från autokorrelation, går som nyss nämnts en del av dess utpräglade storvåghet förlorad. Det förefaller därför sannolikt, att den starka autokorrelation, med vilken tallens årsringsbildning är förbunden, bidrar till att i årsringsserien indicera en

viss vågighet, som emellertid ej har sin motsvarighet i en klimatisk periodicitet i egentlig mening.

Den starka autokorrelation, med vilken tallens årsringsbildning, i motsats till granens, konstaterats vara förbunden, är sannolikt en följd av olikheter med avseende på den assimilerande barrmassans omsättningshastighet hos de båda trädslagen.

Hos gran har ett negativt samband konstaterats föreligga mellan kotttillgång och årsringsindex under ett och samma kalenderår. En riklig kotttillgång verkar följaktligen sänkande på granens årsringsindex. För tall har något samband mellan kotttillgång och årsringsindex däremot ej kunnat påvisas. Det är tänkbart, att detta beror på, dels att kotttillgången hos detta trädslag varierar inom snävare gränser än hos granen, dels att det använda numeriska uttrycket för densamma — kottpoängen — är en förhållandevis osäker mätare på kotttillgången hos trädslaget i fråga.

Jämförelser mellan de årsringsindexserier, som erhållas då undersökningsmaterialet trädslagsvis sorteras på olika geografiska grupper (län, klimatområden, breddgradsgrupper och höjdområden), utvisa, dels att ju närmare varandra områdena äro belägna, desto större överensstämmelse råder mellan deras årsringsindexserier, dels att under ju kargare klimatiska förhållanden årsringsbildningen äger rum, desto starkare framträdande registreras de mera extrema växtårens karaktär av antingen utpräglat goda eller dåliga växtår.

Hos tall tenderar autokorrelationen mellan det aktuella och de närmast föregående kalenderårens årsringsindex att öka med stigande breddgrad. Ju längre norrut man kommer, desto starkare synes därför hos tallen årsringsbildningen vara beroende av väderleksförhållandena under de vegetationsperioder, då de närmast föregående årsringarna bildades. Däremot förefaller det som om en ändring av höjdläget ej skulle medföra någon mera påtaglig ändring av autokorrelationens styrka.

Jämförelser mellan årsringsindexserierna för olika bonitetsklasser och skilda slutenhetsgrader ha givit vid handen, att hos såväl tall som gran årsringsbreddens klimatiskt betingade variation sker relativt oberoende av dessa båda ståndortskaraktärer.

De klimatiskt betingade variationerna i årsringsbredd hos tall synas ej heller vara nämnvärt beroende av skogsmarkens fuktighetsgrad, åtminstone då det är fråga om de fuktighetsgradationer, som sträcka sig från torra till översilade skogsmarker. Även för granens del synes vattentillgången i marken, oaktat denna i likhet med för tallen utövar ett mycket markerat inflytande på årsringsbreddens absoluta nivå, ej i nämnvärd grad återverka på densammas klimatiskt betingade variation.

Några säkra och entydiga kriterier på, att den nutida klimatfluktuationen skulle ha registrerats av tallens och granens årsringar, ha ej kunnat erhållas.

Temperaturförhållandena under den egentliga vegetationsperioden ha under en avsevärd tid hållit sig i det närmaste oförändrade. Den i olika sammanhang konstaterade successiva ändringen av klimatläget betingas främst av en ökning av vintertemperaturen, vilken ökning emellertid ej uppkommit genom en allmän stegring av densamma för de enskilda åren utan därigenom, att de extremt kalla vintrarna blivit mindre talrika.

Den föreliggande undersökningen har bekräftat de i olika sammanhang tidigare framförda åsikterna, nämligen att på våra breddgrader diameter-tillväxten hos såväl tall som gran präglas av en så påtaglig, klimatiskt betingad variation, att hänsyn härtill måste tagas vid sådana skogliga kalkyler, som avse att mera noggrannt fastställa grovlekstillväxten hos enskilda träd, bestånd eller hela skogar. Det framstår därvid som i hög grad nödvändigt, att konstaterade tillväxtbelopp kritiskt granskas mot bakgrunden av klimatets inflytande på tillväxten under den tid tillväxtkalkylen omfattar. Härigenom erhåller man en mera objektiv grund för en analys över orsakerna till konstaterade förändringar i tillväxtens och virkesförrådets storlek. I kap. X framläggas några synpunkter på, hur klimatkorrektioner kunna genomföras och hur man i framtiden bör gå till väga för att anskaffa lämpligt underlag för sådana korrektioner.

Litteraturförteckning

- AHLMANN, H. W:SON, 1939. Glaciärerna som uttryck för den pågående klimatändringen. — Ymer, h. 1.
 — 1941. Den nutida klimatfluktuationen. — Ymer, h. 1.
 ANDERSON, R. L., 1954. The Problem of Autocorrelation in Regression Analysis. — Journal of the American Statistical Association, Volume 49, Number 265.
 ANDERSON, T. W., 1948. On the Theory of Testing Serial Correlation. — Skandinavisk Aktuarietidskrift, häft. 1—2.
 ANDERSSON, SVEN-OLOF, 1953. Om tidpunkten för den årliga diameter-tillväxtens avslutande hos tall och gran. — Medd. fr. Stat. skogsforskn.-inst., Bd 43: 5.
 BOMAN, AARNE, 1927. Tutkimuksia männyn paksuuskasvun monivuotisista vaihteluista. — Acta Forestalia Fennica 32.
 CRAMÉR, HARALD, 1945. Mathematical methods of statistics. — Uppsala.
 DODD, EDWARD L., 1939. The length of the cycles which result from the graduation of chance elements. — The Annals of Mathematical Statistics, Volume X.
 EIDE, ERLING, 1926. Om sommervarmens innflydelse på årringbredden. — Meddelelser fra Det Norske Skogsforsøksvesen, Bind II, Hefte 7.
 EKLUND, BO, 1942. Studier över årsringsvariationerna å Malingsbo fasta provyta nr I. — Svenska skogsvårdsf. tidskr., häfte 3.
 — 1944. Ett försök att numeriskt fastställa klimatets inflytande på tallens och granens radietillväxt vid de båda finska riksskogstaxeringarna. — Norrl. skogsv. tidskr., häfte III.
 — 1949. Skogsforskningsinstitutets årsringsmätningssmaskiner. Deras tillkomst, konstruktion och användning. — Medd. fr. Stat. skogsforskn.-inst., Bd 38: 5.
 — 1951. Undersökningar över krympnings- och svällningsförändringar hos borrhspån av tall och gran. — Medd. fr. Stat. skogsforskn.-inst., Bd 39: 7.
 — 1952. Fortsatta studier över ett gallringsförsök i stavagranskog. — Medd. fr. Stat. skogsforskn.-inst., Bd 41: 10.
 — 1954. Ett fall av hagelskada på växande skog. — Skogen, Nr 11.

- ERLANDSSON, S., 1936. Dendro-chronological studies. — Data 23 fr. Stockholms Högskolas Geokronol. Inst. Uppsala.
- HAGBERG, ERIK, 1952 a. Riksskogstaxering efter ny modell. — Skogen, Nr 2*.
- 1952 b. Statens skogsforskningsinstitut 1902—1952. Avdelningen för skogstaxering. — Medd. fr. stat. skogsforskn.-inst., Bd 42:1.
- HESELBERG, TH., och BIRKELAND, B. J., 1940. Säkulare Schwankungen des Klimas von Norwegen. — Geofysiske Publikasjoner, Vol. XIV, No. 4, Oslo.
- HESELMAN, HENRIK, 1904 a. Om tallens höjdtillväxt och skottbildning sommarne 1900—1903. — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst., häfte 1.
- 1904 b. Om tallens diametertillväxt under de sista tio åren. — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst., häfte 1.
- HUSTICH, I., 1945. The radial growth of the pine at the forest limit and its dependence on the climate. — Soc. Scient. Fenn. Comm. Biol. IX, 11.
- 1948. Den klimatiska hasardfaktorn för jordbruk och skogsskötsel i Finland. — Ymer, h. 2.
- 1949. On the correlation between growth and the recent climatic fluctuation. — Geografiska Annaler 1949, h. 1—2.
- HUSTICH, I., und ELFVING, G., 1944. Die Radialzuwachsvariationen der Waldgrenzkiefer. — Soc. Scient. Fenn. Comm. Biol. IX, 8.
- KERÄNEN, J., 1931. Vuodentulon riippuvaisuudesta kasvukauden lämpö- ja sadeoloista Suomen eri lääneissä. — Acta Agralia Fenn. 23.
- KOLMODIN, G., 1923. Tillväxtundersökningar i norra Dalarna. — Svenska skogsvårdsf. tidskr.
- LINNÉ, CARL, 1745. Öländska och Gothländska Resa på Rikens Högloflige Ständers befallning förrättad Åhr 1741. — Med Anmärkningar uti Oeconomien, Natural-Historien, Antiquiteter & C. med åtskillige Figurer. — Stockholm och Upsala.
- MIKOLA, PEITSA, 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvatutkimuksissa. — Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen Julkaisuja N:o 38: 5.
- NÄSLUND, MANFRED, 1942. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst., häfte 33: 1.
- ORDING, ASBJØRN, 1941. Årringanalyser på gran og furu. — Meddelelser fra Det Norske Skogsforsøksvesen, nr 25.
- ROMELL, LARS-GUNNAR, 1925. Växttidsundersökningar på tall och gran. — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst., häfte 22.
- RUDEN, TOLLEF, 1945. En vurdering av anvendte arbeidsmetoder innen trekronologi og årringanalyse. — Meddelelser fra Det Norske Skogsforsøksvesen, nr 32.
- SLUTSKY, E., 1937. The summation of random causes as the source of cyclic processes. — Econometrica, Volume 5.
- TIRÉN, LARS, 1935. Om granens kottsättning, dess periodicitet och samband med temperatur och nederbörd. — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst., häfte 28.
- WAGNER, A., 1929. Untersuchungen der Schwankungen der allgemeinen Zirkulation. — Geografiska Annaler 1929.
- 1940. Klimaänderungen und Klimaschwankungen. Braunschweig.
- WALLÉN, A., 1916. Om långvariga klimatförändringar och källorna till deras utforskande. — Populär Naturvetenskaplig Revy 1916.
- 1930. Klimatet förr och nu. — Svenska skogsvårdsf. tidskr. 1930.
- ÅNGSTRÖM, ANDERS, 1938. Lufttemperatur och temperaturanomalier i Sverige 1901—30. — Medd. fr. Stat. Meteorologisk Hydrografiska Anst., Bd 7: 2.
- 1939. Temperaturklimatets ändring i nuvarande tid och dess orsak. — Ymer, h. 1.
- 1946. Sveriges klimat. — Stockholm.

Summary

Variation in the Widths of the Annual Rings in Pine¹ and Spruce² due to Climatic Conditions in Northern Sweden during the Years 1900—1944.

Chap. I. Collection of the Material for the Investigation

Under the leadership and planning of the Forestry Research Institute's present director, professor MANFRED NÄSLUND, a production investigation on a broad basis was put in hand by the Institute's Department of Forestry in the year 1941. The main purpose of this investigation was to provide practical forestry workers with more definite directions for determining the magnitude of the production as regards its volume and value under the effects of different forms and degrees of thinning. As a first stage in this very comprehensive and exhaustive investigation a total of 981 temporary sample plots in undisturbed stands (= intact stands insofar as thinning is concerned) were laid out in different parts of Sweden during the years 1941—1948. A knowledge of the stand development and production in a forest where no felling has taken place, that is to say, a stand in which the forces of nature have been allowed to exercise their influence unchecked on the competitive conditions amongst the trees, is an essential pre-requisite when it is desired to determine the effects of thinning on the production results numerically.

The investigation was also arranged in such a way however, as to allow the observation material collected to be employed for a series of special studies, including an investigation of the variation in the widths of the annual rings in pine and spruce due to climatic conditions, since this variation can only be analysed satisfactorily on the basis of the annual ring material obtained from undisturbed stands. By boring a number of representative sample trees selected from each sample plot laid out, at breast height with the Pressler increment borer, a very large number of increment cores was collected from the sample plots in unthinned stands.

Chap. II. Studying the Investigation Material. Measurement of the Annual Ring Material

During the field work each separate increment core was placed in a cardboard tube provided for the purpose, on which the necessary registration data for the subsequent identification of the increment core were noted. The increment cores were then despatched to the Forestry Research Institute where they were stored in a special archives section while awaiting measurement. Immediately before starting the latter, the cores were soaked for about one hour, this time being necessary to compensate for the changes in length caused by shrinkage after the increment core had been removed from the living tree. (EKLUND 1951). The measurements were then carried out in special recording machines (EKLUND 1949) substantially in accordance with the process which has previously been described in detail by the author (1949, pp. 48—55) in which either the width of the entire annual ring, or the width of both the summer and spring wood was determined for every calendar year, from the year of boring, back to 1900. By adding the annual ring widths of the sample trees per calendar year and dividing the sum

¹ (*Pinus silvestris* L.) ² (*Picea excelsa* Lam., Link.)

thus obtained by the number of the trees the mean annual ring widths were calculated for each type of tree occurring on the sample plot as a first step in the investigation, under the assumption that the trees in question were represented by at least 10 sample trees.

The mean annual ring widths for different calendar years were then plotted as points surrounded by circles on a diagram printed in the form of special chart paper. The diagram was printed on millimetre squared paper wherein the abscissa represented the calendar years for the period 1900—1946 (each calendar year = 5 millimetres), the ordinate representing the annual ring widths in millimetres (0.1 millimetre = 10 millimetres and alternatively 5 millimetres). On joining the circles for each following calendar year by straight, full lines a so-called *annual ring series* was obtained which consequently illustrates the annual ring development of the increment-bored sample trees from the year 1900 up to the year of boring (see Fig. 1 p. 12). The graphic picture of the annual ring development thus obtained has permitted the close checking and sifting of the annual ring material, in which sample plots were excluded which, according to the annual ring diagram, exhibited signs of an abnormal or disturbed annual ring development.

It is characteristic of the annual ring series from sample plots in undisturbed stands that they show a declining tendency with an increasing age of the stand, in which the variations in the annual ring widths due to the climate are prominent. This so-called age-decrease in the width of the annual rings is particularly accentuated during the first decades in the life of the stand, becoming successively less marked as the age of the stand increases, whilst at a high age it is relatively insignificant. The age-decrease introduces a highly complicating factor, however, when it is desired to analyse the variation in the annual ring widths due to climatic conditions. Only after eliminating the age-decrease is it possible to restore the annual ring variations to a common base which will permit their numerical comparison in different sections of the time scale.

The elimination of the age-decrease for annual ring series either representing separate sample plots or groups of sample plots can be effected by regressive analytical means in accordance with a method originally proposed by NÄSLUND (1942, pp. 29—30). Briefly, this consists in reproducing the declining tendency of the age-decrease by a function (such as function 1 or 2, pp. 14—15.) the constants for which are obtained by numerical adjustment of the annual ring series according to the method of least squares, after which the observed mean annual ring widths for each of the calendar years included in the investigation are placed in relation with that calculated according to the function, whereupon a so-called *annual ring index* is obtained. This is independent of the absolute size of the annual ring widths and constitutes an *approximate expression for the calendar years' property as a good or bad growing year with respect to the increase in diameter*. An index value of 100 represents a normal year, whereas an index figure of 120, for example, indicates that the annual ring width is 20 % greater than the normal, and an index of 80 that the width is 20 % less than the normal.

When an annual ring series is adjusted numerically in accordance with a certain type of function which will thus reproduce the age-decrease of the annual ring width schematically, and the annual ring variations are then converted to an annual ring index, any influence of a long-period climatic fluctuation is eliminated. The advance made during the past few decades in climatology, meteorology, glacierology and other branches of scientific research have unanimously proved

that the general climatic situation has undergone demonstrable changes over large parts of the earth's surface since the beginning of the present century. As a working hypothesis, therefore, it is necessary to reckon with the probability that the climatic fluctuations in our latitudes have left their record on the annual rings of our forest trees.

Chap. III. Main Outline of the Mathematical-Statistical Treatment of the Investigation Material

The treatment of the comprehensive observation material has been primarily directed to the derivation of functions which reproduce the collective effect which the observation year's-, date- and age groups exercise on the width of the annual rings. The term, observation year's group, refers to the groups resulting after dividing the annual ring material into groups of five years beginning from the year 1900. The groups in question are hereafter denoted by the letter i , while for certain technical reasons in the treatment, the observation year's group 1900—04 has been assigned an i -value of 40, the group 1905—09 an i -value of 41 and so on. The date group, on the other hand, refers to the point of time at which the trees examined in accordance with the age determination undertaken at the same time as the annual ring measurement, were found to have reached breast height. The date groups are indicated by j whereby—likewise for technical reasons—the oldest date group, the group 1750—54, was assigned a j -value equal to 10. The group sum for age (k) refers to the difference between the observation year's- and date group's number, thus $k = i - j$. Therefore, in order to convert a k -value to the actual age at breast height, it must be multiplied by the figure 5.

To represent the collective effect which the date-, observation year- and age groups exercise on the width of the annual rings the following function has been employed:

$$y_{ij} = K \times (1 + a_i) \times (1 + b_j) \times (1 + c_k) \times (1 + e_{ij}) \dots \dots \dots (4)$$

In this function y_{ij} denotes the mean annual ring width expressed in 0.001 millimetre for trees belonging to the observation year's group i and date group j . K is a constant derived in conjunction with the working up of the material. The independent variables a_i , b_j and c_k are assumed to reproduce the influence exercised by the observation year's-, date-, and age groups in the said order on the dependent variable, that is to say, the annual ring width. The variable e_{ij} is assumed to vary at random around the value 0.

To enable the above function to be adjusted numerically in accordance with the least squares method the multiplicative relation must be converted to an additive one. If z_{ij} denotes the variable $\log \text{ nat } y_{ij}$, the function 4 may be written:

$$z_{ij} = \bar{z} + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \varepsilon_{ij} \dots \dots \dots (5)$$

In the function, 5 \bar{z} represents the arithmetic mean for all the z_{ij} -values included in the adjustment, which in the case of pine amount to 270 and 296 for spruce. The determination of the coefficients included in the function has been effected by minimising the expression $\sum [z_{ij} - \bar{z} - \alpha_i - \beta_j - \gamma_k]^2$. The solution of the normal equations required for the determination of the regression coefficients has been undertaken by successive approximations, so that the coefficients are only determined approximately.

After the derivation of the coefficients α , β and γ in function 5, the factors $(1+a)$, $(1+b)$ and $(1+c)$ included in function 4 are obtained as corresponding

anti-logarithms. Finally, the constant K has been calculated from the following expression in which s denotes the standard deviation (see CRAMÉR 1945, p. 258)

$$K = e^{\bar{z} + s^2/2} \dots\dots\dots (6)$$

If one starts from the assumption that, in view of the z_{ij} -values, the observation material exhibits a distribution around the regression function which agrees approximately with the normal distribution, the two following functions are obtained as the final product of the calculations:

$$\text{For pine } y_{ij} = 555.62 \times e^{\alpha_i} \times e^{\beta_j} \times e^{\gamma_k} \dots\dots\dots (7)$$

$$\gg \text{ spruce } y_{ij} = 538.34 \times e^{\alpha_i} \times e^{\beta_j} \times e^{\gamma_k} \dots\dots\dots (8)$$

The regression coefficients obtained for the different observation year's- (e^{α_i}), date- (e^{β_j}) and age groups (e^{γ_k}) have been compiled in the tables 1, 2 and 5 respectively and are discussed in detail in the Swedish text. The regression coefficient e^{γ_k} has here been taken as a starting point for functions (function 10 for pine and 11 for spruce) which represent the age decrease in the annual ring width more generally.

The regression coefficient e^{α_i} which represents an expression for the variation in the annual ring widths due to climatic conditions for the five-year observation year groups has been converted graphically to an annual ring index for each separate calendar year over the period 1900—1945. This annual ring index may be considered to reflect the variations in the annual ring widths due to climatic conditions for pine and spruce in Northern Sweden fairly satisfactorily.

Chap. IV. Annual Ring Index-Series for the whole of the Investigation Material

Pine

The pine annual ring index for different calendar years is indicated numerically in table 6, p. 36, and graphically in Fig. 12, p. 37. The figure in question shows that the pine annual ring index follows a relatively pronounced undulating course. Specially characteristic in this respect are the series of high index values which occurred at the beginning of the 1920's and indicate that the climate exercised a very noticeable favourable effect on the annual ring formation of pines. The pine index series thus shows that this takes place under a marked influence of the secondary climatic effects from the immediately preceding period of vegetation, and probably foremost amongst them, the changes in the size of the assimilating foliage which is a consequence of the climatic conditions existing at the time. It is necessary, therefore, to reckon with the fact that the variation in the annual ring width due to climatic conditions is not caused exclusively by the weather conditions during the vegetation period when the rings are formed but is also a result to a certain extent of the secondary climatic effects and other causes which have exercised a detrimental influence on the life-process of the trees. Thus a constellation of climatic conditions leads at times to an ample blooming and cone yield in which connection appreciable quantities of assimilated material are probably absorbed at the cost of the annual ring formation (see Chap. VI). Similarly, it is probable that the annual ring formation is impaired by pronounced attacks of insects that consume the foliage of the crown or destroy it in other ways. The effects are probably the same where a malignant attack of foliage-destructive fungi occurs.

The annual ring index series for pine in the north of Sweden has been compared with annual ring index series for the north, south and whole of Finland. Correlation calculations made in conjunction with graphic comparisons have thereby shown that under the weather conditions prevailing during the period of comparison 1900—1936 and different calendar years, a relatively similar influence on the annual ring formation of pine has been noted in a number of cases in Northern Sweden and in the different parts of Finland.

Spruce

The annual ring index for spruce during the period 1900—1945 is indicated numerically in table 6, p. 36, and graphically in Fig. 14, p. 44. A comparison between this figure and the annual ring variations according to Fig. 12, p. 37 shows that the annual rings in the two species of trees record the influence of climate in a markedly different manner. The undulatory nature of the annual ring index series so characteristic for pine is not found in the index series for spruce. The latter exhibits appreciable similarities and considerable correlation with a previous index series for spruce in Northern Sweden drawn up by NÄSLUND (1942). Comparisons with the Finnish index series give a higher correlation between the annual ring variations of pine than those of spruce, so that within a wide geographical area the growth climate in different calendar years is probably recorded in a more uniform manner in the annual rings of pine than those of spruce.

Chap. V. The Annual Ring Index of Pine compared with that of Spruce

The relatively pronounced differences encountered in a comparison of the annual ring index series of pine and spruce may be attributed to some extent to the fact that the annual ring formation of pine takes place under the strong influence of the radial growth during the preceding calendar year, whereas that of spruce is very slightly affected. We have employed the term, auto-correlation in the following pages. This can be determined numerically according to a method of procedure originally proposed by the Finnish research worker ELFVING (HUSTICH and ELFVING 1944) which is shown in the formulas 12 and 13, p. 50. The formulas 14 and 15, p. 50 represent a development of ELFVING's formulas and an adaptation of the latter to conform to the annual ring index.

The marked auto-correlation and auto-regression which characterize the annual ring index series for pine may be seen from table 9 in which corresponding coefficients for spruce are also set out. For the first species of tree the coefficients possess a strong statistical significance in every instance, which is not the case, however, for the low coefficient values which characterize the index series for spruce.

If the influence of auto-correlation on the annual ring formation of pine is eliminated, the annual ring index series will undergo a very remarkable change, as may be seen from Fig. 16. The very conspicuous undulation that marks the primary annual ring index series is appreciably damped. A comparison with the "adjusted" annual ring index series for spruce, which is practically identical with the primary series leads, to the astonishing result that the two adjusted index series agree with each other in a very striking manner, particularly within certain sections of the time scale. The considerable increase in conformity is shown by the correlation coefficient which has been increased from $+0.279$ when the primary series were compared with respect to the period 1901—1944, to $+0.581^{***}$, which implies

that the correlation between the adjusted index series which was formerly statistically unreliable, has now attained a marked statistical significance.

When the annual ring series index for pine is corrected to allow for the influence of auto-correlation, a part of its pronounced undulatory character is lost, as has been mentioned above. It appears probable, therefore, that the appreciable auto-correlation associated with the annual ring formation in pine helps to indicate a certain undulation in the annual ring series which has no counterpart in climatic periodicity in the actual meaning of the term.

Since the annual ring formation in pine takes place to a considerable extent under the influence of secondary climatic effects from the immediately preceding vegetation periods, whereas spruce is not influenced at all, it is an obvious step to regard this as a manifestation of the differences which exist according to the foregoing, with respect to the rate of change of the assimilating masses of foliage in pine and spruce. In view of the fact that in Northern Sweden the pine normally has 3—5 generations of needles living simultaneously, against 8—9 for spruce, and the growth of new foliage takes place under the influence of the weather during the vegetation period when needle buds are developed, the effect of weather favourable to growth over a few successive years leads to a far more rapid increase in the assimilating foliage of pine than in that of spruce.

Chap. VI. Cone Yield and Annual Ring Formation

In order to determine whether the hypothesis advanced by EIDE (1926) that ample blooming and a plentiful cone yield may exercise a restraining effect on the annual ring formation, the ratio between the "cone points" for the different calendar years and the annual ring index was investigated. The cone points here represent a numerical expression for the cone yield and are based on purely ocular observations in accordance with a five-degree scale. Observations of this kind have been made over the whole country for a long time past to afford guidance for practical forestry purposes regarding the prospects for the collection of forest seed. The point values calculated by the Forestry Research Institute for different calendar years must, however, be interpreted as a very approximate expression for the actual cone yield.

For spruce it has been found that a statistically reliable negative relation exists between the cone yield and the annual ring index during the same calendar year. Consequently, a plentiful cone yield will have a lowering effect on the annual ring index.

With the help of formulas 18 and 19, pp. 60—61, it has been possible to correct the annual ring index series for spruce, both with respect to the influence of auto-correlation and cone yield, whereupon adjusted index values were obtained in accordance with table 11, p. 62, or Fig. 18, p. 59. These values are of an approximate nature, however, and are advanced without any claim regarding their strict accuracy. Nevertheless it should be possible to confirm that the annual ring variations of spruce are primarily characterized by the weather conditions during the vegetation period, but in addition, the influence of secondary climatic effects plays a by no means insignificant part, probably in the form of the cone yield which varies from year to year, and which in its turn has a background that is largely due to climatic conditions.

A similar investigation has been carried out from various positions by regressive analytical methods in connection with the cone yield and its relation not only to the annual ring index in question but also to the immediately preceding calendar years, but without an actual positive result being reached. Only a vague relation of no statistical significance was obtained throughout. It is conceivable that to some extent it may be ascribed to the fact that the cone yield of pine varies within narrower limits than in the case of spruce (see Figs 17 and 18, pp. 58—59).

The investigations with respect to the relation between the cone yield and the annual ring index may be summarized as follows:

Whereas the annual ring variations of spruce are chiefly affected by the weather conditions during the actual vegetation period but also undergo a perceptible influence due to the cone yield during this period, the annual ring variations in pine are primarily due to the weather conditions both during the actual vegetation period concerned and the immediately preceding periods. On the other hand, in this species of tree the cone yield does not as a rule appear to react on the annual ring variations to any great extent. The insufficient reliability of the observation material respecting the magnitude of the cone harvest for different years calls for certain caution in drawing conclusions in the foregoing connection however.

Chap. VII. On different Growing Years and Calendar Years with varying Climatic Effects on the Annual Ring Formation

In order to provide a more general description of the character of the 45 calendar years included in the investigation, the latter have been grouped under the headings: very good, good, normal, bad and very bad, in accordance with table 12, p. 65. With a view to obtaining conformity between pine and spruce, inter alia, the limits for the categories of goodness have been based on the annual ring index standard deviation (σ , %). The extent of the different categories may be seen from the table compiled on p. 64.

The annual ring index affords a satisfactory standard of measurement as regards the mutual character of the growing years for the different calendar years, but it only shows the effect exercised by the direct climatic influence on the annual ring formation during the vegetation period to a limited extent. To determine the latter more definitely it is necessary to employ the annual ring index values which have been freed from the secondary climatic effects. By this means a numerical expression can be obtained for the growing influence of the climate on the annual ring formation of pine and spruce (see table 13, p. 67).

Chap. VIII. The Annual Ring Index Series for different Geographical Areas and Sites of different Character

Since the annual ring material is very extensive and has been obtained from a relatively large number of carefully examined and described plots distributed over practically the whole of the forest region in Northern Sweden, it has been possible to study it from various aspects as regards the influence exercised by the geographical position and the different characters of the sites on the variation in width of the annual rings due to climatic conditions. For this purpose the sample

trees, the annual rings of which were investigated, have been sorted in species in accordance with the following grouping:

- | | |
|----------------------------|---|
| A. Geographical Area..... | $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Province} \\ 2. \text{ Climatic area} \\ 3. \text{ Latitude} \\ 4. \text{ Altitude.} \end{array} \right.$ |
| B. Character of Sites..... | $\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ Site classes} \\ 2. \text{ Degree of density} \\ 3. \text{ Degree of moisture} \end{array} \right.$ |

With the above system of grouping the annual ring material is not sufficiently extensive to allow it to be treated in the same manner as that for the whole of the investigation material according to the description in Chap. III. On this account the annual ring series have been numerically adjusted in accordance with the function (function 1, p. 14) employed by NÄSLUND (1942), after which the annual ring index has been prepared. The selection of a function for the adjustment of the age decrease was undertaken after exhaustive trials in which the annual ring index values for the whole of the investigation material according to Chap. III was compared with the indexes obtained on the basis of the functions 1, 2, 3 and 9 (see tables 14—16, pp. 70 and 72—73).

Annual Ring Index Series for Provinces

The number of sample plots and sample trees on which the annual ring index series are based for each of the northernmost provinces may be seen from table 17, p. 75, in which are shown the correlation coefficients obtained when the annual ring index series for different provinces are combined. The annual ring index series for pine and spruce according to provinces as shown in table 19 or Figs 21 and 22, indicate that it is necessary to allow for a certain local climatic influence on the variation of the annual rings. The harsher the climatic conditions under which the annual ring formation takes place, the more strongly accentuated will be the character of the more prominent extreme years recorded, either as good or bad growing years. The annual ring index correlation likewise tends to increase the more northerly the position of the province in question is.

Annual Ring Index Series for Climatic Areas

From a comparison of the annual ring index series for the areas in Northern Sweden distinguished by ÅNGSTRÖM (1946) as local continental and local maritime, according to the diagrammatic map, Fig. 23, p. 83, it would appear that the climate has affected the annual ring variations in all areas in a relatively uniform manner (see table 20, p. 84). Nevertheless, certain differences between the various series indicate that these are specially marked to some extent. The conditions are the same for the annual ring index series for spruce. For this species of tree, however, certain differences stand out between the index series for the most northerly local climatic and local maritime areas on the one hand, and the other climatic areas on the other, which must be interpreted as a result of the somewhat strongly marked climatic conditions prevailing in the two first-mentioned areas.

Annual Ring Index Series for Latitude Groups

When comparing the annual ring index series for the parts of the sample plot material located between different latitudes, somewhat wider possibilities are available for studying the influence of the geographical position on the annual ring variations of pine and spruce than when the comparison is based on purely administrative units—provinces. In the present instance the sample plot material has been divided into four latitude groups in accordance with table 22, p. 92. This table shows that the correlation between the annual ring index series (table 23, p. 93 or Fig. 26—27) is comparatively high both for pine and spruce. The climate must be considered to have exercised a slightly varying quantitative effect on the annual ring formation in different latitude groups, however. A very remarkable feature is found in the fact that the auto-correlation in the annual ring index series for pine tends to increase with the higher degrees of latitude (see table 24, p. 96 and Fig. 28 p. 97). The further north one goes, the more marked the annual ring formation of pine appears to be dependent upon the weather conditions during the period in which the immediately preceding annual ring is formed.

Similarly to pine, the annual ring index series for spruce (Fig. 27, p. 95) changes somewhat in character the further north the series represented by the latitude group is located. For spruce also the auto-correlation tends to increase somewhat at higher latitudes. In this instance, however, the tendency is not so pronounced or statistically reliable as in the case of pine. If the influence due to auto-correlation is eliminated in the different latitude groups, with the exception of the northernmost latitude group, the correlation between the annual ring index series for pine and spruce will increase noticeably and will have greater statistical significance than when the original index series were compared according to latitudes.

Annual Ring Index Series for Altitudes

On dividing the annual ring material according to the four following altitudes: < 200, 200—299, 300—399 and > 400 m above sea level (table 28, p. 102) it is found that the annual ring variations run relatively synchronously, although a certain variable quantitative effect makes its appearance in the annual ring formation (Fig. 29—30, pp. 104—105). No tendency towards an increase in auto-correlation with changes in the altitude above sea level is noticeable either in the case of pine or spruce.

Annual Ring Index Series for Site Classes

Taking the age and average height of the stand as a starting point, the annual ring material has been divided in accordance with JONSON's eight-degree site class tables into five site classes as follows: II—III, IV, V, VI and VII—VIII. The annual ring index series have then been worked out for each of these site classes (tables 30—31, p. 109 and 112 respectively). Comparisons between the annual ring index series for these classes have shown that the variation in the annual ring width due to climatic conditions takes place relatively independently of the stand's site class, both for pine and spruce (Fig. 31—32, pp. 110—111). It should be emphasized here that this statement refers exclusively to the variations in the annual ring widths due to climatic conditions and not to the absolute annual ring width which is, of course, dependent to a great extent upon the site class.

Annual Ring Index Series for Degrees of Density

An estimate of the density was made when preparing the description of the stand on the sample plots. This was carried out from a biological point of view, for which purpose the regulations given in the instructions state that "a stand is considered to be dense when the crowns of the separate trees interlace with one another or touch one another so that the ground is in shadow at all points". Comparisons between the annual ring index series for the different degrees of density (see tables 32—33, p. 115 and 119) have shown that the density does not exercise any actual influence on the variation of the annual ring width due to climatic conditions on pine or spruce either (Fig. 33—34, pp. 116—117).

Annual Ring Index Series for Forest Land with Varying Degrees of Moisture

In order to determine to some extent whether the degree of moisture in the ground exercises any marked influence on the annual ring variations of pine and spruce, taking the description of the vegetation for each separate sample plot as a starting point, the investigation material was grouped under three different degrees of moisture as follows: dry forest land, well drained moister areas, and forest land with stagnant water. The last-mentioned form of moisture was only represented on a few sample plots as far as pine was concerned and consequently the annual ring index series for this species of tree were only worked out for the two first-mentioned degrees of moisture (tables 33 and 34, p. 119 and 121). The variations in the annual ring width due to climatic conditions do not appear to be dependent to any appreciable extent upon the forest land's degree of moisture in the case of pine, at all events where gradations of moisture are concerned that vary between dry and well drained moister forest land (Fig. 35, p. 122). The question as to the degree of influence of the water factor on the variation of the annual ring widths due to climatic conditions where the growth of pine is checked in consequence of stagnant water must remain unanswered for the present. In the case of spruce also the available water in the ground does not seem to have any appreciable effect on the variation of this species due to climatic conditions, notwithstanding the fact that it does exercise a very marked influence on the annual ring width's absolute level (Fig. 36, p. 123).

The apparently slight influence of the water factor on the annual ring width variation due to climatic conditions supports the view advanced earlier that in Northern Sweden it is primarily the temperature conditions during the vegetation period, and probably during the most intensive phase of the latter, that cause the annual variations in the annual ring widths of spruce. On the other hand, in the case of pine it is necessary to reckon with the fact that the temperature conditions not only exercise an influence during the actual vegetation period but that they are also dependent to a certain extent upon secondary climatic effects which in their turn are associated with the weather conditions during the immediately preceding vegetation period.

Chap. IX. The Present-day Climatic Fluctuation and the Annual Rings of Forest Trees

When studying the relatively comprehensive annual ring material included in the present investigation a special endeavour was made to determine and reproduce numerically any possible long-period influence of the climate on the annual ring

index series of pine and spruce. It was not possible, however, to obtain any reliable and definite criteria relating to the recording of such influence on the annual rings of the tree species in question. The temperature conditions remained substantially unchanged for an appreciable time during the actual vegetation period. The progressive changes in the climatic situation are primarily due to a rise in the winter temperature but are not the result of a general rise of temperature over the individual years, being caused by the fact that the extremely cold winters have occurred less frequently (ÅNGSTRÖM, 1946). In all probability the mathematical-statistical methods at present available are not sufficiently developed to enable us to isolate successfully any long-period climatic effect from the complex of site and stand influences recorded in the annual rings of conifers.

Chap. X. The Practical Application of Climatic Corrections at the Present Stage and with a View to the Future

The present investigation has confirmed the views expressed on various previous occasions, namely, that in our latitudes the radial growth of both pine and spruce is characterized by such a marked variation due to climatic conditions, that it must be taken into account in forestry calculations which have for their purpose the accurate determination of the thickness increment of individual trees, stands or entire forests. In this connection it is extremely important that the increment noted should be critically examined against the background of the climate's influence on growth over the period covered by the calculation. If this step is omitted, incorrect conclusions may easily be reached with regard to the changes which are found to have taken place when making a comparison between the increment determined on different occasions.

A description is given in the chapter concerned of the procedure for making climatic corrections on the basis of the annual ring material from undisturbed forests and also taking a mean figure for the annual ring index series for large areas as a starting point. In obtaining data for climatic corrections of the increment in the future there is reason to place certain hopes on a comparison between the increment assessment prepared annually by our National Forest Survey for different regions of the country. It is possible that in order to obtain reliable annual ring indexes both for research work and for practical forestry we may find it necessary to prepare and carry on a continuous investigation of the annual ring development in specially selected undisturbed stands which are known as "indicator stands". Another possible method of procedure would be to derive so-called climatic functions, in accordance with which the magnitude of the climatic corrections could be calculated on the basis of the "official" weather observations. The chief difficulties in the derivation of such functions would consist in finding suitable numerical expressions for the different meteorological elements which should be included as independent variables in the functions. An exhaustive analysis of the weather conditions during the calendar years in which the climate has had a more pronounced good or bad effect on the annual ring formation would probably provide a valuable guide for the selection of the meteorological variables in the climatic functions. The derivation of these may be expected to entail a considerable amount of work and would be rendered more difficult by the fact, inter alia, that the network of meteorological stations affording sufficiently comprehensive series of observations is somewhat thinly scattered in the northern forest regions.